



TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO
TAMPERE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

ERKKI KAUPPINEN
PYÖRÄILYN LIIKENNEMALLIN KEHITTÄMINEN KAUPUNGEISSA

Diplomityö

Tarkastaja: professori Jorma Mäntynen
Tarkastaja ja aihe hyväksytty
Talouden ja rakentamisen tiedekunta-
neuvoston kokouksessa 12. elokuuta
2015

TIIVISTELMÄ

ERKKI KAUPPINEN: Pyöräilyn liikennemallin kehittäminen kaupungeissa

Tampereen teknillinen yliopisto

Diplomityö, 104 sivua, 40 liitesivua

Lokakuu 2015

Rakennustekniikan diplomi-insinöörin tutkinto-ohjelma

Pääaine: Liikenne- ja kuljetustekniikka

Tarkastaja: professori Jorma Mäntynen

Avainsanat: liikennejärjestelmä, liikennemalli, pyöräily, simulointi, viivefunktio, pyöräilynopeus

Työn tarkoituksena oli tutkia pyöräilyn nopeuksiin ja reitinvalintoihin vaikuttavia tekijöitä ja laatia näiden tietojen perusteella pyöräilyn liikennemalli. Tavoitteena oli tuottaa paremmin pyöräilyä tukeva liikennemallikuvaus strategisella mallinnustasolla, jonka avulla voidaan tutkia eri parametrien vaikutuksia pyöräilymatkojen määrään sekä matkojen pituuteen ja tarkempien matka-aikojen selvittämiseen. Liikennemalli toimii työkaluna pyöräilyn pääreittien priorisoinnissa ja sen avulla voidaan tuottaa liikenne-ennusteita erilaisiin liikenteen ja maankäytön suunnittelun tarpeisiin. Liikennemallilla voidaan simuloida liikenteen kuormituksia reittikohtaisesti, jolloin saadaan informaatiota investointien kohdentamiseen oikeisiin kehittämiskohteisiin.

Työssä tutkittiin kirjallisuuden ja kenttä- ja kyselytutkimusten avulla eri tekijöiden vaikutuksia pyöräilyn nopeuksiin ja reitinvalintaan vaikuttaviin tekijöihin. Tutkimus rajattiin koskemaan aamun työ- ja koulumatkoja, koska ainoastaan näillä matkoilla pyöräilijöiden nopeus ja reitinvalinta pysyy suhteellisen vakiona. Kenttätutkimuksissa suoritettiin nopeusmittauksia ja videoitiin erilaisia risteyksiä Oulun keskustan alueella. Videoista mitattiin eri viiveitä aiheuttavien tekijöiden suuruudet, joiden perusteella niistä muodostettiin viivefunktiot. Liikenteen sijoittelu suoritettiin Oulun ja Rovaniemen liikennemalleihin.

Etäisyys, matka-aika ja liikenneturvallisuus ovat tärkeimmät tekijät valittaessa vaihtoehtoisia pyöräilyreittejä. Mäkisyys on merkittävä tekijä sellaisissa paikoissa, joissa on joko jyrkkiä mäkisiä tai useita mäkisiä perätysten. Topografisten tietojen hyödyntäminen on kuitenkin pyöräiteiden suunnittelussa vielä vähäistä.

Pelkästään matka-aikaan perustuvassa liikennemallissa pyöräilijä pyrkii välttämään mahdollisimman paljon liikennevaloja. Painokertoimien ja liikennevalojen odotusaikojen vaihtelulla saadaan reitinvalintaa muutettua vastaamaan lähemmäksi pyöräilijän todellista käyttäytymistä.

ABSTRACT

ERKKI KAUPPINEN: Development of a Bicycle Traffic Model in Cities

Tampere University of Technology

Master of Science Thesis, 104 pages, 40 Appendix pages

October 2015

Master's Degree Program in Civil Engineering

Major: Traffic and Transport Systems

Examiner: Professor Jorma Mäntynen

Keywords: traffic system, traffic model, cycling, simulation, delay function, cycling speed

The aim of this thesis was to explore factors affecting cycling speeds and the choice of route, and to compile a cycling traffic model on the basis of the data. The objective was to produce, at a strategic modelling level, a traffic model description which better supports cycling and which can be used to study the effects of different parameters, the number of cycling trips, as well as the length of trips and to establish travel times more accurately. The Traffic Model is a tool for the prioritisation of principal cycling routes and can be used to generate traffic forecasts for various needs of transport and land use planning. The Traffic Model can be used to simulate traffic loads route-specifically in order to obtain information on the correct allocation of investments for development targets.

This thesis studies the effects of different factors influencing the cycling speeds and route selection with the help of literature survey, as well as field and questionnaire surveys. The study was confined to the trips to work or school performed in the morning, since these are the only trips where the cyclists' traveling speed and the choice of route remain relatively constant. In the field studies, velocity measurements and video surveying of various intersections in the centre of the City of Oulu were carried out. The magnitudes of various delay-causing factors were measured in the videos, and delay functions were formed based on these magnitudes. Traffic placement was executed on the traffic patterns of the cities of Oulu and Rovaniemi.

When choosing alternative cycling routes, distance, travel time and road safety are the most important factors. Hilliness is a major factor in areas where there are either steep hills or several rolling hills in succession. However, the utilisation of topographic data is still limited in the design of cycle paths.

In a traffic model based on mere traveling time, the cyclist tries to avoid the traffic lights to the utmost. By varying the weighting parameters and the waiting times at traffic lights, the route can be modified to better correspond to the actual behaviour of the cyclist.

ALKUSANAT

Pyöräilyn ja kävelyn kulkutapaosuuden kasvattamiseksi ja olosuhteiden kehittämiseksi on viime vuosina tehty lukuisia strategioita, suosituksia ja tavoitteita. Näiden tavoitteiden saavuttamiseksi on Suomessa tehty erilaisia toimenpidesuunnitelmia, joita toteuttamalla on saavutettu pieniä parannuksia.

Tässä diplomityössä sain tutkia pyöräilyn nopeuteen ja reitinvalintaan liittyviä tekijöitä ja laatia pilottina toimivan pyöräilyn liikennemallin. Liikennemallin avulla suunnittelijat saavat tarkempaa tietoa eri parametrien vaikutuksesta pyöräilymatkojen määrään, matkojen pituuteen ja tarkempien matka-aikojen selvittämiseen.

Tämä diplomityö on tehty osana liikenne- ja kuljetustekniikan Oulussa järjestettävää muuntokoulutusta. Erittäin antoisan opiskelun päätteeksi oli mukava ryhtyä toteuttamaan pyöräilyn kehittämiseen liittyvää tutkimusta. Aiheesta keskusteltiin palaverissa Ramboll Oy:n edustajien DI Vesa Verrosen, DI Tuomo Vesajoen ja DI Reijo Vaaralan kanssa. Kiitos heille sekä RKM Jouko Hintsalalle neuvoista Emme-ohjelman käyttöön ja ins. AMK Pauliina Nissille Civil3D-ohjelman käytön opastuksesta. Kiitos myös työn tilaajina toimineita Liikennevirastoa sekä Oulun, Rovaniemen, Joensuun ja Kokkolan kaupunkia.

Aihe olikin erittäin mielenkiintoinen, sillä nykyiset liikennemallit eivät olleet huomioineet pyöräilyä riittävästi. Kun aloin tutkimaan asiaa, törmäsin useaan otteeseen samaan kysymykseen: Pitäisikö pyöräilyä mallintaa ollenkaan? Vastaus kysymykseen oli usein: Pitäisi, mutta se on erittäin vaikeaa ellei peräti mahdotonta! Pyöräilijöiden käyttäytymismallia on hyvin vaikea saada sopimaan mihinkään muottiin. Totesin olevani valtavan haasteen edessä, mutta mielenkiinto aihetta kohtaan vain kasvoi työn edetessä. Tutkimista ja mittaamista olisi valtavasti, mutta rajauksia oli pakko tehdä. Sain vapaasti tutkia aihetta ja luoda oman näköisen mallin. Toivottavasti nämä tulokset innostavat myös muita tutkimaan aihetta lisää, sillä tutkittavaa todellakin riittää!

Professori Jorma Mäntysen ja tohtori Kalle Vaismaan innostavat luennot ja harjoitukset kantoivat hedelmää tämän työn tuloksien myötä. Siitä suuri kiitos heille. Perheelleni erityiskiitos jaksamisesta ja kärsivällisyydestä. Lisäksi tämän työn ansiosta ”löysin” pyöräni uudelleen. Kolmen kesäkuukauden aikana tuli yli 1000 km pyöräilyä ympäri Oulua, mikä on 50 -kertainen määrä koko edellisvuoteen verrattuna.

Oulussa, 19.10.2015

Erkki Kauppinen

SISÄLLYSLUETTELO

1.	JOHDANTO	1
1.1	Taustaa	2
1.2	Työn tavoite ja rajaus	2
1.3	Tutkimuskysymykset	3
1.4	Tutkimusmenetelmä ja työn rakenne	3
2.	PYÖRÄILYN ROOLI LIIKENNEJÄRJESTELMÄSSÄ	4
2.1	Pyöräily maankäytön suunnittelussa ja strategioissa	5
2.2	Pyöräilyn vaatima tila.....	8
2.3	Pyöräilijän tarpeet	10
2.4	Pyöräilyväylätyypit	12
2.5	Pyöräily kulkutapavalintana.....	16
2.6	Pyöräilyn lainsäädäntö murroksessa	22
2.7	Liikennevalot, viiveiden aiheuttaja	25
2.8	Suunnitelmia ja strategioita kaupungeissa	29
2.8.1	Oulu, maailman paras talvipyöräilykaupunki	29
2.8.2	Rovaniemi, ”vaarallinen” pyöräilykaupunki.....	34
2.8.3	Kokkola, vuoden pyöräilykunta 2011	37
2.8.4	Joensuu, vuoden pyöräilykunta 1999 ja 2014.....	38
2.8.5	Uusia kokeiluja maailmalta.....	39
3.	LIIKENNEMALLI	41
3.1	Liikenteen kysyntämallit	41
3.2	Liikenteen tarjontamallit	41
3.3	Pyöräilyn liikennemalli	42
3.4	Mallintamisen työkalut.....	43
3.5	Saavutettavuus - Bikeshed Analysis	44
4.	TUTKIMUKSEN SUORITUS	47
4.1	Pyöräilyn reitinvalintaan vaikuttavia tekijöitä	48
4.1.1	Energiankulutus	52
4.1.2	Bicycle Level of Service (BLOS)	53
4.2	Pyöräilyn nopeudet eri väylillä	55
4.3	Pyöräilyn matka-aikaan vaikuttavia tekijöitä.....	61
4.3.1	Risteykset, liikennevalot	61
4.3.2	Reitin mäkisyys.....	67
4.3.3	Muita viiveitä aiheuttavia tekijöitä	71
4.4	Pyöräilyliikenteen sijoittelu kaupungeissa	76
4.4.1	Oulu.....	76
4.4.2	Rovaniemi	85
5.	YHTEENVETO JA PÄÄTELMÄT	93
5.1	Yhteenveto ja johtopäätökset	93
5.2	Jatkotutkimusehdotuksia	96

LÄHTEET	98
---------------	----

KUVALUETTELO

Kuva 1.	Liikennejärjestelmän ja infran vuorovaikutus aluerakenteen ja liikennejärjestelmän eri teemoihin. (Rissanen et al.2013)	4
Kuva 2.	Strategioiden ja suunnitelmien vaikuttavuus kävelyn ja pyöräilyn kaavoitusratkaisuihin. (Vaarala 2011).....	6
Kuva 3.	Polkupyöräilijän vapaan tilan tarve sekä silmäpisteiden korkeudet. (Helsingin kaupunki 2012, Liikennevirasto 11/2014)	9
Kuva 4.	Polkupyöräiden pituuksia ja leveyksiä. (Liikennevirasto 2014).....	9
Kuva 5.	Sekaliikenneväylä.	12
Kuva 6.	Kaksisuuntaisen pyörätien erilaisia toteuttamisvaihtoehtoja.	13
Kuva 7.	Yksisuuntaisen pyörätien kaksi- ja kolmitasoratkaisu.....	13
Kuva 8.	Yhdistetty pyörätie ja jalkakäytävä.	14
Kuva 9.	Pyöräkaista ja sen merkitseminen eri tilanteissa. (Liikennevirasto 2014).....	14
Kuva 10.	Saarekkeet, reunatuet sekä suojatie- ja pyörätien jatke –merkinnät.....	15
Kuva 11.	Yhdistetty pyörätie ja jalkakäytävä Nummikatu – Aleksanterinkatu: suojatiemerkinä puuttuu, liikennemerkit puuttuvat, tasoero noin 6 cm. (Kuva Erkki Kauppinen)	15
Kuva 12.	Kävelykatu Rotuaari Oulun keskustassa. (kuva Erkki Kauppinen).....	16
Kuva 13.	Polkupyörän käyttöön vaikuttavat tekijät. (Vaismaa 2014, Rietveld & Daniel 2004).....	18
Kuva 14.	Pyöräilyn määrään vaikuttavat tekijät. (Luukkonen & Vaismaa 2013).....	19
Kuva 15.	Pyöräilyn kysyntään vaikuttavia tekijöitä. (Luukkonen et al. 2012)	20
Kuva 16.	Porvenir Promenade, Bogota, Kolumbia. (Hutzwit 2011).....	21
Kuva 17.	Kotimaan matkaluku ja matkasuorite sekä osuudet matkan pääasiallisen kulkutavan mukaan. (Liikennevirasto 2012).....	21
Kuva 18.	Kulkumuotojakauma matkan tarkoituksen mukaan matkojen määristä. (Somerpalo et al. 2015).....	22
Kuva 19.	Kuvitteellinen tilanne, jossa moottori- ja pyöräliikenne vaihtaisivat keskenään kulkuväylänsä. (kuva Pekka Rahkonen).....	24
Kuva 20.	Kaksisuuntainen pyörätie muuttuu risteyksen vaikutusalueella yksisuuntaiseksi pyörätieksi. (Liikennevirasto 2014)	25
Kuva 21.	Tukholmassa pollareita, joissa käsitetuet ja lepuutuspaikat jaloille. (Dezeen 2013).....	26
Kuva 22.	Tiemerkintä kuvaamassa vihreän aallon väylää Kööpenhaminassa.(kuva Colville Andersen).....	28
Kuva 23.	Liikennevalojen vaihtumisaika Frederiksbergissä Kööpenhaminassa.(kuva Colville-Andersen 2013)	28

Kuva 24.	<i>Pyöräilyä maailman parhaassa talvipyöräilykaupungissa Oulussa. (kuva Pekka Tahkola).....</i>	<i>30</i>
Kuva 25.	<i>Pyöräilyn kulkutapaosuuden kehitys Oulun kaupungissa.</i>	<i>31</i>
Kuva 26.	<i>Kulkutapajakauma eripituisilla matkoilla Oulussa ja seudun muissa kunnissa asuvilla.</i>	<i>31</i>
Kuva 27.	<i>Kainuuntien viereinen yhdistetty jalkakäytävä ja pyörätie. (kuva Erkki Kauppinen).....</i>	<i>32</i>
Kuva 28.	<i>Oulun keskustan pyöräilyn tavoiteverkko, merkittävät kävelyalueet, selvitysalueet ja autoliikenteen pääkadut. (Oulun kaupunki 2015).....</i>	<i>33</i>
Kuva 29.	<i>Ounasvaaran Bike Park Rovaniemellä. (kuva http://kesa.ounasvaara.fi/kona-bike-park/).....</i>	<i>34</i>
Kuva 30.	<i>Lumikaan ei estä Joulupukin pyöräilyä. (Kuva Sami Kero, tavarafillari.fi).....</i>	<i>35</i>
Kuva 31.	<i>Asukaskyselyyn vastanneiden motiivit pyöräilyyn ja kävelyyn. (Heltimo 2015).....</i>	<i>36</i>
Kuva 32.	<i>Asukaskyselyn tuloksia. (Heltimo 2015).....</i>	<i>37</i>
Kuva 33.	<i>Lontoossa 5.6 2015 kokeilukäyttöön otettu lämpökameratunnistusjärjestelmä. (Burrows 2015)</i>	<i>40</i>
Kuva 34.	<i>Neliporrasmalli. (Kalenoja et al. 2008)</i>	<i>41</i>
Kuva 35.	<i>Bikeshed Analysis – menetelmän periaatekuvia. (Iseki & Tingstrom 2013).....</i>	<i>45</i>
Kuva 36.	<i>Bikeshed Analysis -menetelmällä muodostettuja saavutettavuusalueita. (Iseki & Tingstrom 2013)</i>	<i>46</i>
Kuva 37.	<i>Reitinvalintatekijöiden prosenttijakaumat Oulussa</i>	<i>52</i>
Kuva 38.	<i>Energiankulutus riippuu nopeudesta ja kaltevuudesta. (Mercat 1999).....</i>	<i>53</i>
Kuva 39.	<i>BLOS analyysin tulokset kartalla. (Robinson et al. 2014)</i>	<i>55</i>
Kuva 40.	<i>Cierzega GR32C –tutkausta Oulussa. (kuvat Erkki Kauppinen)</i>	<i>57</i>
Kuva 41.	<i>Viacount II mikroaaltotutka asennettuna Plaanaojanpolulla. (kuva Erkki Kauppinen).....</i>	<i>57</i>
Kuva 42.	<i>Frekvenssijakauma tasaisella väylällä Oulun keskustan ulkopuolella.</i>	<i>58</i>
Kuva 43.	<i>Ylämäen nopeudet pituuskaltevuuden suhteen.</i>	<i>59</i>
Kuva 44.	<i>Alamäen nopeudet pituuskaltevuuden suhteen.</i>	<i>60</i>
Kuva 45.	<i>Liikennevalojen vaihtumista odottavia pyöräilijöitä Saaristonkadun ja Uudenkadun risteyksessä Oulussa. (kuva Erkki Kauppinen).....</i>	<i>61</i>
Kuva 46.	<i>Punaista valoa lähestyttäessä nopeuden hidastuminen etäisyyden funktiona.</i>	<i>62</i>
Kuva 47.	<i>Vihreän valon vaihtumisen jälkeen nopeuden kasvu etäisyyden funktiona.</i>	<i>63</i>
Kuva 48.	<i>Mittauspaikat liikennevalottomissa risteyksissä.....</i>	<i>66</i>
Kuva 49.	<i>Mäen kaltevuus.....</i>	<i>67</i>

Kuva 50.	<i>Pituuskaltevuuden maksimi-arvot korkeuseroon ja kaltevan matkan pituuteen verrattuna. (Metsäpuro et al. 2014)</i>	68
Kuva 51.	<i>Keskikiihtyvyys kaltevuuden funktiona.</i>	70
Kuva 52.	<i>Padon ohijuoksutuksen aiheuttama tulva valtasi pyöräteitä Hupisaarilla Oulussa. (kuva Erkki Kauppinen)</i>	72
Kuva 53.	<i>Hotellityömaa tukkii väylän Kirkkokadulla Oulussa, liikenteen ohjaus puuttuu. (kuva Erkki Kauppinen).....</i>	72
Kuva 54.	<i>Tiukka mutka Pokkisenpuistossa Oulussa. (kuva Erkki Kauppinen).....</i>	73
Kuva 55.	<i>Liikennemerkki on jäänyt puun oksien taakse piiloon Kirkkokadulla Oulussa. (kuva Erkki Kauppinen).....</i>	73
Kuva 56.	<i>Kaksisuuntainen yhdistetty pyörätie ja jalkakäytävä voi käydä joskus ahtaaksi. (kuva Erkki Kauppinen)</i>	74
Kuva 57.	<i>Pyöräkaistalle sijoitettu pysäköintiautomaatti Kirkkokadulla Oulussa. (kuva Erkki Kauppinen).....</i>	74
Kuva 58.	<i>Tasoero pyörätien jatkeella, pyörätien jatkeen merkintä puuttuu, Kirkkokatu - Nummikatu Oulussa. (kuva Erkki Kauppinen).....</i>	75
Kuva 59.	<i>Taidetta sillan alla ja jokimaisemia pyöräreitillä Oulussa. (kuvat Erkki Kauppinen).....</i>	75
Kuva 60.	<i>Oulun kaupungin keskustan pyörätiet 201.1 (kuva Oulun kaupunki)</i>	76
Kuva 61.	<i>Hallituskadun syyskuussa 2015 avattu pyöräkaista. (kuva Erkki Kauppinen)</i>	77
Kuva 62.	<i>Pyörätie ja jalkakäytävä rinnakkain, pyörätie päättyy. Kirkkokatu, Oulu. (kuva Erkki Kauppinen).....</i>	77
Kuva 63.	<i>Liikennevalojen vaihtumista odottavat henkilöt tukkivat oikealle kääntyviltä reitillä Rautatienkadun ja Saaristonkadun risteyksessä Oulussa. (kuva Erkki Kauppinen).....</i>	78
Kuva 64.	<i>Liikennevalot Oulun keskusta-alueella. (kuva Oulun kaupunki).....</i>	78
Kuva 65.	<i>Lähtötilanne – liikenteen sijoittelumalli 2012.</i>	79
Kuva 66.	<i>Pelkästään matka-aikaan perustuva pyöräilijöiden reitinvalinta, skenaario 11.</i>	81
Kuva 67.	<i>Skenaarioiden 11 ja 112 erotuskuva.</i>	82
Kuva 68.	<i>Skenaarioiden 11 ja 113 erotuskuva.</i>	82
Kuva 69.	<i>Skenaarioiden 11 ja 116 erotuskuva</i>	83
Kuva 70.	<i>Matka-aikaan perustuva saavutettavuus pyörällä Oulun keskustasta 2 min matka-aikaeroilla, ympyrän säde 3 km.</i>	85
Kuva 71.	<i>Rovaniemen pyörätieverkko vuonna 2011. (Liidea 2012).....</i>	86
Kuva 72.	<i>Rovaniemen alueelta valitut laserkeilausaineistot. (Maanmittauslaitos)</i>	87
Kuva 73.	<i>Pyöräteiden kaltevuudet eri suuntiin keskusta - Korkalovaaran alueella.</i>	90
Kuva 74.	<i>Pyöräilyn nopeudet [km/h] eri suuntiin keskusta - Korkalovaaran alueella.</i>	91

<i>Kuva 75.</i>	<i>Pyöräilijöiden liikennemäärän muutos [kpl] mäkisyys huomioituna keskusta - Korkalovaaran alueella.</i>	<i>92</i>
-----------------	--	-----------

LYHENTEET JA MERKINNÄT

$a_{0\%}$	<i>kiihtyvyys tasaisella</i>
a_{ala}	<i>kiihtyvyys alamäessä kaltevuuden funktiona</i>
$a_{ylä}$	<i>kiihtyvyys ylämäessä kaltevuuden funktiona</i>
ADT	<i>alueen tai linkin keskimääräinen päiväliikenne</i>
BLOS	<i>Bicycle level of service</i>
D	<i>suuntakerroin</i>
E	<i>energia</i>
Emme	<i>Equilibre Multimodal, Multimodal Equilibrium</i>
FHWA	<i>The Federal Highway Administration</i>
HV	<i>raskaan liikenteen prosenttiosuus</i>
$K_{1,2}$	<i>kulmakerroin</i>
K_{ala}	<i>alamäen kulmakerroin</i>
K_d	<i>päivittäinen huippu –kerroin</i>
$K_{ylä}$	<i>ylämäen kulmakerroin</i>
L_n	<i>kaistojen kokonaismäärä</i>
m	<i>massa</i>
PHF	<i>huipputuntikerroin</i>
PR_5	<i>FHWA:n viiden pisteen arviointi päällysteen pinnan laadulle</i>
RP	<i>Revealed Preference</i>
s	<i>tien pituuskaltevuus %</i>
SP	<i>Stated Preference</i>
SP_t	<i>tehollinen nopeustekijä</i>
SP_p	<i>nopeusrajoitus (mph)</i>
t	<i>aika</i>
t_{cr}	<i>suojatien ylitysaika</i>
t_l	<i>linkin normaalinopeudella kulutettu aika</i>
t_{link}	<i>liikennevaloristeysten väliselle linkille kulutettu ajoaika</i>
t_w	<i>keskimääräinen odotusaika punaisissa liikennevaloissa</i>
t_{xa}	<i>takaisin normaali nopeuteen kiihdyttämisen aiheuttama viive</i>
t_{xs}	<i>risteystä lähestyttäessä nopeuden hidastumisen aiheuttama viive</i>
v	<i>nopeus</i>
v_0	<i>keskinopeus tasaisella</i>
Vol_{15}	<i>mootoriajoneuvojen määrä 15 minuutin aikajaksolla</i>
VDF	<i>Volume-delay function</i>
V_k	<i>Polkupyörän keskinopeus solmupisteiden välillä liikennevalojen aiheuttamat viiveet huomioituina</i>
V_n	<i>polkupyörän normaali linkkinopeus (km/h)</i>
v_s	<i>keskinopeus ajettaessa mäkeä</i>
v_{sa}	<i>nopeus alamäessä</i>
v_{sy}	<i>nopeus ylämäessä</i>
V_{sw}	<i>polkupyörän nopeus suojatielinkillä (km/h)</i>
V_X	<i>polkupyörän nopeus etäisyydeltä X pysähtymispaikkaan (km/h)</i>
W_e	<i>keskimääräinen ajokaistan ulkopuolinen leveys</i>
W_l	<i>ajokaistan reunaviivan ja jalkakäytävän välinen päällysteen leveys</i>
W_{ps}	<i>merkityn katupysäköintialueen leveys</i>
W_t	<i>väylän ulkopuolinen kokonaisleveys (piennar)</i>
W_v	<i>hyötyleveys liikennemäärän funktiona</i>

X	<i>etäisyys pysähtymispaikkaan</i>
X_{cw}	<i>suojatien pituus</i>
X_{link}	<i>linkin pituus</i>
X_s	<i>etäisyys suojatiestä</i>

1. JOHDANTO

Kävelyn ja pyöräilyn valtakunnallisessa strategiassa on asetettu tavoitteeksi, että vuonna 2020 kävely-, pyörä- ja joukkoliikenteen yhteinen kulkutapaosuus nousee 32 prosentista 35–38 prosenttiin ja henkilöautomatkojen vastaavasti vähenee. Tämä merkitsee, että vuonna 2020 kävely- ja pyöräilymatkoja tehdään vähintään 20 prosenttia enemmän kuin vuonna 2005. Tämä tarkoittaa muutosta totuttuihin liikkumistapoihin, asenteisiin ja elämäntapoihin. Kannustamalla, motivoinnilla ja omalla asenteella voidaan vaikuttaa pyöräilyn kulkutapaosuuden nousuun niin työpaikoilla, koulussa kuin vapaa-aikoina. (Liikenne- ja viestintäministeriö 2011)

Onko Suomessa kaupunkien keskustoihin mahdollista rakentaa erittäin hyvin toimivia pyöräilyn liikennejärjestelmiä? Toimivuus tarkoittaa, että pyöräily on nopeaa, helppoa, mukavaa ja miellyttävää. Pyöräilyn matkanopeuteen vaikuttavia tekijöitä ovat mm. pyöräilyväylän sijainti ja tyyppi ja reitin varrella olevien erilaisten pysähdysten, kuten risteysten määrä. Todennäköisesti joudumme kuitenkin tinkimään jostakin toimivuustekijästä saadaksemme pyöräilyn toimivaksi rajoittamatta kuitenkaan autoilun liikennejärjestelmän toimivuutta liikaa.

Nykyisissä liikennemalleissa pyöräilyä ei oteta huomioon riittävästi. Kannattaako pyöräilyä edes lähteä mallintamaan? Vaikka liikennemalli on kuitenkin vain yksi tekijä hyvin laajassa päätöksentekoprosessissa, sillä on kuitenkin tärkeä vaikutus päätöksissä. Pyöräilijöiden käyttäytymistä risteyksissä ja muiden ajoneuvojen kanssa pitää tutkia enemmän ja tarkemmin. Nykyinen liikennemalli perustuu nykyiseen käyttäytymismalliin, kun pyöräilijöiden käytösmalli voi muuttua radikaalisti määrän kasvaessa. Liikennemalli tarvitsee jatkuvaa tiedon keräämistä, sillä pyöräilymäärien kasvaessa liikennekäyttäytyminen muuttuu ja ennustamisen tarkkuus pienenee. Ennusteen tarkkuus on siis riippuvainen kerätyn tiedon määrästä. Liikennemallit voivat olla niin hyviä kuin ne tiedot, joihin ne perustuvat.

Ajoneuvolain 19 § mukaan polkupyörä on ajoneuvo. Pyöräilijä on siis ajoneuvon kuljettaja. Polkupyöräilijöitä koskevat samat liikennesäännöt kuin autoilijoitakin, mutta polkupyöräilijöille on olemassa omia sääntöjä. Tieliikennelain mukaan alle 12-vuotias saa ajaa polkupyörällä jalkakäytävällä. Liikennesuunnittelussa polkupyöräilijät rinnastetaan kävelijöiden kanssa samaan ryhmään, sillä hyvin usein he käyttävät samaa väylää kulkemiseen. Voiko pyöräilijät käsitellä omana ryhmänään? Onhan pyöräily kaupungissa usein nopein kulkutapa ja pyöräilijöille halutaan omia väyliä ja kaistoja, joille autoilla ja kävelijöillä ei ole asiaa. Halutaanko jatkossa, että pyöräilyn infrastruktuuri on tasavertainen autoilun infrastruktuurin kanssa vai pelkkä autoliikenteen sivutuote?

1.1 Taustaa

Pyöräilyn edistäminen ja aseman vahvistaminen on viime vuosina tullut yhä vahvemmin esille liikennepolitiikan tavoitteissa sekä valtakunnallisella että kunnallisella tasolla. Edistämistoimenpiteiden kohdistamiseen ja valintoihin tarvitaan jatkuvasti lisää informaatiota pyöräilyn ja pyöräilijöiden taustoista ja ominaisuuksista. Polkupyöräilyn edistäminen on uskottavaa ja menestyksestä vain, jos pyöräily on käytännöllistä, suhteellisen nopea ja kätevä kuljetusmuoto. Pyöräilyn edistäminen edellyttää myös pyöräilyolosuhteiden kehittämistä ja jatkuvaa ylläpitämistä.

Tässä tutkimuksessa on selvitetty pyöräilyn nopeuksiin ja reitinvalintoihin vaikuttavia tekijöitä ja laadittu näiden tietojen perusteella pyöräilyn liikennemalli. Liikenneverkkojen mallintamisessa on aiemmin keskitytty pääasiassa moottoriajoneuvoihin. Makroskooppisissa liikennemalleissa oletetaan tietyn ryhmän kaikkien ajoneuvojen käyttäytyvän samalla tavalla. Kaupungissa liikkumisen ymmärtäminen on erittäin monimutkainen asia. Liikkujan liikennekäyttäytyminen voi olla hyvinkin erilaista eri vuorokauden, kulkutavan tai tarkoituksen välillä. Pyöräilijät eivät aina valitse nopeinta reittiä, koska se voi olla vaarallinen tai epämiellyttävä.

Tämän työn tilaajina toimivat Liikennevirasto sekä Oulun, Rovaniemen, Joensuun ja Kokolan kaupungit. Liikennemallia pilotoidaan ensisijaisesti Oulun seudun liikennemallijärjestelmän avulla keskittyen Oulun kaupungin keskeisen taajama-alueen pyöräteihin. Keskeiset tulokset viedään muiden tutkimuskaupunkien liikennemallien pyöräverkon kuvauksiin ja tehdään alustava ehdotus pyöräilyn pääverkoista tai analyysi jo määritetyn pyöräilyverkon toimivuudesta. Malli voidaan ottaa käyttöön myöhemmin myös muissa kaupungeissa ja kuntakeskuksissa. Tästä työstä laaditaan yhteinen raportti Liikenneviraston julkaisusarjaan kahden muun hankkeen kanssa. Nämä hankkeet ovat:

- Väyläsuunnitelman toimivuuden mittaaminen jalankulun ja pyöräilyn näkökulmasta, case Jyväskylä
- Pyöräilyn vaikutusarvioinnin kehittäminen, case Lahden yleiskaava ja poikkihallinnollinen terveysliikuntaohjelma

1.2 Työn tavoite ja rajaus

Diplomityön tavoitteena on tuottaa paremmin pyöräilyä tukeva liikennemallikuvaus strategisella mallinnustasolla, jonka avulla voidaan tutkia eri parametrien vaikutuksia pyöräilymatkojen määrään sekä matkojen pituuteen ja tarkempien matka-aikojen selvittämiseen. Liikennemalli toimii työkaluna pyöräilyn pääreittien priorisoinnissa ja sen avulla voidaan tuottaa liikenne-ennusteita erilaisiin liikenteen ja maankäytön suunnittelun tarpeisiin. Liikennemallilla voidaan simuloida liikenteen kuormituksia reittikohtaisesti, jolloin saadaan informaatiota investointitarpeiden kohdentamiseen oikeisiin kehittämiskohteisiin.

Työssä keskitytään tarkemmin työ- ja koulumatkaliikenteen tutkimiseen aamun huipputunteina. Muina aikoina liikenteessä on paljon pyöräilijöitä, joiden käyttäytymismalli on vaikeaa tai peräti mahdotonta tulkita. Heidän reittinsä ja nopeutensa voi vaihdella matkan aikana niin paljon, että liikennemallista ei saada tarpeeksi tarkkoja ja hyödyllisiä tietoja liikennesuunnittelun ja päätöksenteon tueksi.

1.3 Tutkimuskysymykset

Tutkimuksen lähtökohtana on pyöräilyn edistäminen ja aseman vahvistaminen. Koska pyöräilyn mallintaminen on jäänyt liikenneverkkojen mallintamisessa sivuosaan, tämän tutkimuksen pääkysymys on:

- Miten pyöräilyä voitaisiin edistää mallintamista hyödyntämällä?

Pyöräilyn liikennemalli poikkeaa autoliikenteen mallista erilaisten häiriötekijöiden ja käyttäytymismallien vuoksi. Tästä johtuen tutkimuksen alaongelmiksi muodostuivat seuraavat kysymykset:

- Miten pyöräteiden häiriöpisteet saadaan kuvattua strategiseen liikennemalliin?
- Miten maaston korkeusvaihtelut voitaisiin ottaa huomioon pyöräilyn liikennemallissa?
- Mitä toimenpiteitä vaaditaan, jotta pyöräily tunnistettaisiin omana kulkumuotonaan liikennejärjestelmätyössä?

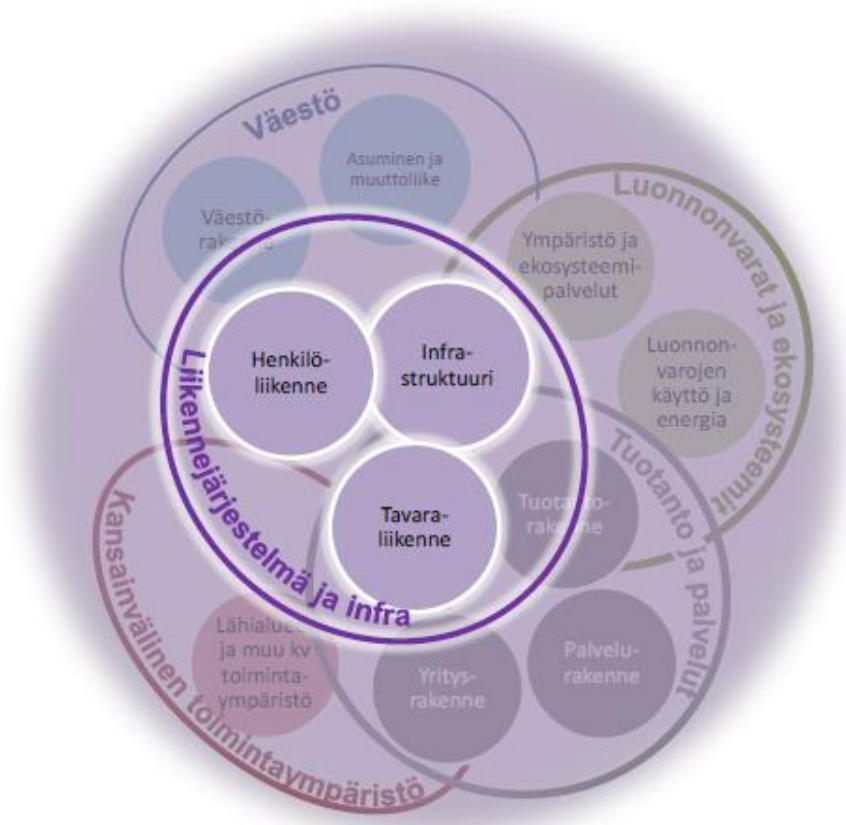
1.4 Tutkimusmenetelmä ja työn rakenne

Työssä tarkastellaan maailmalla tehtyjä pyöräilyyn liittyviä tutkimuksia ja tehdään tarvittavia kenttätutkimuksia. Kenttätutkimuksissa tutkitaan pyöräilijöiden nopeuksia ja viiveitä pyöräteillä (kävelyn ja pyöräilyn sekaväylät ja erillisväylät, 1- ja 2-suuntaiset väylät), risteyksissä, suojateilla ja autoliikenteen seassa. Tutkittavia kohteita tarkastellaan simulointimallilla, joka kalibroidaan vastaamaan kenttämittauksia. Ensisijaisesti hyödynnetään kohteita, joihin on jo laadittu simulointimalli ainakin autoliikenteen kuvauksena. Simulointien ja kenttämittausten kautta saatujen tulosten avulla määritetään tapa, jolla erilaiset pyöräteiden häiriöpisteet on tarkoituksenmukaista kuvata strategiseen liikennemalliin (KVL- ja tuntiliikenteen kuvauksissa). Liikennemallia pilotoidaan ensisijaisesti Oulun seudun liikennemallijärjestelmän avulla keskittyen Oulun kaupungin keskeisen taajama-alueen pyöräteihin. Keskeiset tulokset viedään muiden tutkimuskaupunkien liikennemallien pyöräverkon kuvauksiin ja tehdään alustava ehdotus pyöräilyn pääverkoista tai analyysi jo määritetyn pyöräilyverkon toimivuudesta. Malli voidaan ottaa käyttöön myöhemmin myös muissa kaupungeissa ja kuntakeskuksissa. Liikennemallissa käytettäviä parametreja voidaan lisätä tarpeen mukaan lisäämällä niiden vaikutusfunktiot malliin; esimerkiksi reittien vaikuttavuutta voidaan jatkossa tutkia ja ottaa huomioon reitinvalinnassa.

2. PYÖRÄILYN ROOLI LIIKENNEJÄRJESTELMÄSSÄ

Liikennejärjestelmä on kokonaisuus, joka muodostuu liikenteen infrastruktuurista ja sitä mahdollisimman turvallisesti ja taloudellisesti käyttävästä henkilö- ja tavaraliikenteestä sekä niitä ohjaavista järjestelmistä. Maankäytöllä ja liikennejärjestelmän suunnittelulla on ristikkäisvaikutukset toisiinsa. Tämän vuoksi vuorovaikutteinen suunnittelu näiden kahden välillä on tärkeässä asemassa. (Vaismaa et al. 2011a)

Liikennejärjestelmän tarkastelu suoritetaan henkilö- ja tavaraliikenteen sekä infrastruktuurin näkökulmista. Aluerakenne ja -kehitys vaikuttavat liikennejärjestelmän kehittämistarpeisiin ja vastaavasti liikennejärjestelmällä voidaan vaikuttaa aluerakenteeseen (kuva 1). Lisäksi näihin vaikuttavat ilmastomuutos, talouskehitys, energian saatavuus ja tekninen kehitys. Näiden vaikutusta ei voida arvioida etukäteen, mutta niiden ennakointi on tärkeässä asemassa, koska ne vaikuttavat kaikkiin teemoihin. (Rissanen et al. 2013)



Kuva 1. Liikennejärjestelmän ja infran vuorovaikutus aluerakenteen ja liikennejärjestelmän eri teemoihin. (Rissanen et al.2013)

Pyöräilyn ja kävelyn rooli suomalaisessa liikennejärjestelmässä ja sen kehittämisessä on jäänyt vähälle huomiolle. Suunnittelua tehdään vieläkin monin paikoin autoliikenteen ehdoilla. Pyöräilyn edistämiseen ja väylien laatutason nostamiseen tarvitaan lisää resursseja. (Vaismaa et al. 2011b)

Suomen kaupungeissa on tällä hetkellä liikennejärjestelmän perustana 1950-luvulta lähtien kehittynyt autoliikennettä suosiva liikennepolitiikka. Autoliikenteen verkko on kattava ja jatkuva, kun taas pyöräilijöiden reitit ovat täynnä epäjatkuvuuskohtia. Pyörätiet päättyvät usein yllättäen ja pysäköintimahdollisuudet ovat puutteelliset. Pyöräilyn suunnittelu voi tarkoittaa jalkakäytävän merkitsemistä Yhdistetty jalankulku- ja pyörätie-liikennemerkillä. Lisäksi risteyssäännöt ja väistämissäännöt ovat sekavat ja sekä autoilijoille että pyöräilijöille epäselvät. Samalla suojatiellä pyöräilijää ja kävelijää koskevat eri säännöt. (Vaismaa et al. 2011b)

Suomi on myös talvipyöräilymaa, jossa hyvällä talvikunnossapidolla voidaan vaikuttaa pyöräilymääriin merkittävästi. Suomalainen tietotaito väylien puhtaanapidosta ja liukkauden torjunnasta on erinomaista, mutta silti toiminnassa on vielä parannettavaa. Pyöräily- ja kävelyväylien hoitoon tulisi hankkia väylään sopiva kalusto. Lumien alueellinen varastointi tulisi huomioida jo maankäytön suunnittelussa. (Vaismaa et al. 2011b)

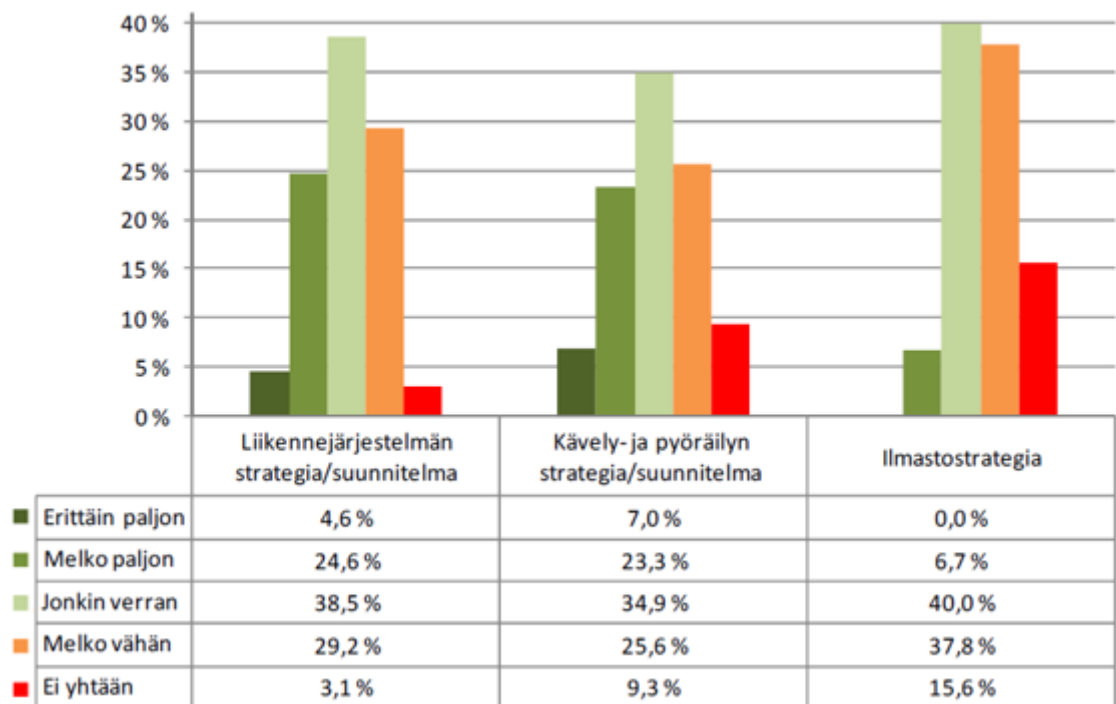
2.1 Pyöräily maankäytön suunnittelussa ja strategioissa

Kävely- ja pyöräilytutkimuksessa selvitettiin Suomessa yli 15 000 asukkaan kunnissa työskentelevien maankäytön ja liikenteen asiantuntijoiden näkemyksiä kävelyn ja pyöräilyn huomioimisesta kaavoituksessa (kuva 3). Lisäksi kyselyssä selvitettiin kävelyn ja pyöräilyn sekä kaavoituksen yhteensovittamisen nykytilaa ja kehittämistarpeita. (Vaarala 2011)

Kyselyn tulosten mukaan joka toisessa kaupunki- tai kuntastrategiassa on käsitelty kävelyä ja pyöräilyä. Liikennejärjestelmästrategia tai -suunnitelma on olemassa lähes kaikissa kunnissa tai seuduissa. Ilmastostrategia on olemassa 70 %:ssa kunnissa tai seuduissa. Oma tai muun suunnitelman (esim. osana liikennejärjestelmäsuunnitelmaa tai tie- ja katuverkko-suunnitelmaa) yhteydessä tehty kävelyn ja pyöräilyn strategia on yli puolessa kunnista tai seuduista. (Vaarala 2011)

Lähes 30 % vastaajista oli sitä mieltä, että liikennejärjestelmästrategian tai -suunnitelman sekä mahdollisen kävely- ja pyöräilystrategian tai -suunnitelman vaikutus kävelyn ja pyöräilyn kaavoitusratkaisuihin on melko tai erittäin suuri (kuva 2). Vain alle 10 % oli sitä mieltä, että näillä strategioilla/suunnitelmilla ei ole lainkaan vaikutusta. (Vaarala 2011)

Melkein puolet vastaajista oli sitä mieltä, että kunnan tai seudun ilmastostrategia vaikuttaa ainakin jonkin verran kävelyn ja pyöräilyn kaavoitusratkaisuihin vaikkakin ilmastostrategian vaikutus on liikennejärjestelmän sekä kävelyn ja pyöräilyn strategioita tai suunnitelmia pienempi. (Vaarala 2011)



Kuva 2. Strategioiden ja suunnitelmien vaikuttavuus kävelyn ja pyöräilyn kaavoitusratkaisuihin. (Vaarala 2011)

Euroopan komission julkaisussa Vihreä kirja (2007) hahmotellaan uutta ajattelua kaupunkiliikenteeseen. Kirjan mukaan yksityisautoilun korvaavista vaihtoehtoista kuten kävelemisestä, pyöräilystä, joukkoliikenteestä tai moottoripyörien ja skoottereiden käytöstä olisi tehtävä houkuttelevampaa ja turvallisempaa. Tähän päästäisiin sillä, että paikallis- ja alueviranomaiset huolehtisivat kävelyn ja pyöräilyn täysimääräisen huomioon otamisen kaupunkiliikennepolitiikan laadinnassa ja seurannassa. Esimerkkinä mainittiin kaupunkien, yritysten ja koulujen aloitteet, joilla voidaan edistää pyöräilyä ja kävelemistä esimerkiksi liikennepelien, tieturvallisuuden arviointien tai opetuspakettien avulla. Suurissa kaupungeissa voitaisiin harkita kävelemiseen ja pyöräilyyn liittyvistä kysymyksistä vastaavan virkamiehen nimittämistä. (European Commission 2007)

Vuonna 2011 ilmestyneessä Euroopan komission julkaisussa Liikenteen valkoinen kirja, asetettiin tavoitteet kilpailukykyiselle ja resurssitehokkaalle liikennejärjestelmälle. Yhtenä osana on puhdas kaupunki- ja työmatkaliikenne, jossa joukkoliikenteen palvelujen parantamisen lisäksi kävely ja pyöräily on mainittu vaihtoehtoina henkilöautoliikenteelle. Valkoisen kirjan mukaan kävelyn ja pyöräilyn helpottamisesta olisi tultava olennainen osa kaupunkiliikenteen ja infrastruktuurien suunnittelua. Yhtenä aloitteena kirjassa mainittiin tietoisuuden edistämistä siitä, että totutuille liikennevalinnoille on olemassa vaihtoehtoja, kuten esimerkiksi kävely ja pyöräily. (European Commission 2011)

Vuonna 2011 liikenne- ja viestintäministeriössä valmistui Kävelyn ja pyöräilyn valtakunnallinen strategia 2020. Sen tavoitteena on, että vuonna 2020 kävely-, pyörä- ja joukkoliikenteen yhteinen kulkutapaosuus nousee 32 prosentista 35–38 prosenttiin ja henkilöautomatkojen vastaavasti vähenee. Tämä tavoite merkitsee vuoden 2020 kävely- ja pyöräilymatkojen lisääntyvän 20 prosenttia vuoteen 2005 verrattuna, mikä tarkoittaa noin 300 miljoonaa kävely- ja pyöräilymatkaa. (LVM 2011).

Jotta pyöräilyn ja kävelyn olosuhteita saataisiin muutetuksi, pitää ensin saada poliitikot ja kaupungin virkamiesjohto sitoutumaan kehittämishankkeisiin. Pitkäaikaisella sitoutumisella kokonaisvaltaiseen kestävään politiikkaan on saatu parhaita tuloksia aikaan parhaissa pyöräilykaupungeissa. Kaupungin strategiassa on huomioitava pyöräilyn ja kävelyn edistäminen ja se on myös sisällytettävä liikennepoliittiseen ohjelmaan. Kaikkien kulkutapojen tarpeet pitää huomioida maankäytön suunnittelussa, liikennesuunnittelussa, katusuunnittelussa ja yleisessä kaupunkisuunnittelussa. (Vaismaa et al. 2011a)

Liikennesuunnittelussa tulisi ottaa huomioon eri kulkutapojen priorisointi eri vyöhykkeillä. Autoliikennettä rajoittamalla saadaan kaupungin keskustasta ja asuinalueista viihtyisämpiä, turvallisempia ja sujuvampia pyöräilijöille ja jalankulkijoille. (Vaismaa 2014)

Kannisen et al. (2010) mukaan pyöräilyn pitäisi näyttäytyä entistä paremmin osana liikennejärjestelmää, mikä saattaa vaatia esimerkiksi moottoriliikenteen sopeuttamista paremmin pyöräilyyn sopivaksi. Suunnittelulla pitäisi saada pyöräily mahdolliseksi ja turvalliseksi taidoista ja fyysisestä kunnosta riippumatta. Lähiliikkumisen esteet, kuten reunakivet, viitoitukset, päällysteet, alikulut ja sillat, liikennevalojen rytmitys, väylien leveydet tai teille kertyvä loska ja lumi, tulisi ottaa huomioon suunnittelussa.

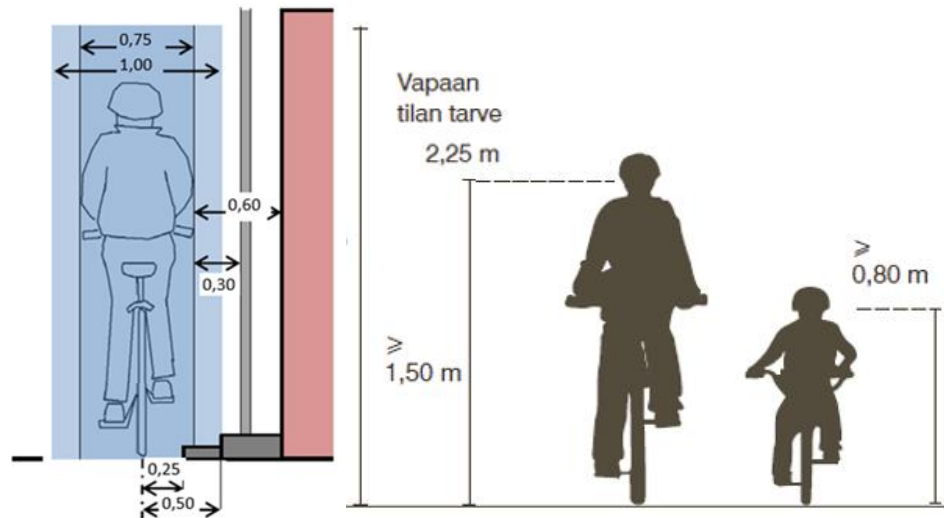
Jalankulku – ja pyöräilyväylien suunnitteluohjeessa (Liikennevirasto 2014) on määritelty pyöräilyn reittien sijoittamisen ja verkkosuunnittelun periaatteet ja vaatimukset:

- Verkko on jatkuva ja sen osilla on selkeä toiminnallinen luokitus. Eri luokituksen mukaisilla reiteillä on yhdenmukaiset standardit.
- Reitit, erityisesti ylemmän toiminnallisen luokituksen mukaiset reitit, ovat nopeita ja suoria, mutta ne eivät ole yksitoikkaisia. Pyöräilijä ei yleensä käytä kiertotietä, vaikka se olisikin turvallisempi tai mukavampi. Korkeuseroja vältetään, sillä ne heikentävät reitin houkuttelevuutta.
- Verkko on riittävän tiheä, jolloin lähtö- ja määräpaikat ovat paremmin saavutettavissa. Jokaiselle tontille tulee päästä mukavasti ja turvallisesti pyörällä. Verkon tulee soveltua myös pitkämatkaiselle pyöräliikenteelle.
- Reitit ovat helposti hahmotettavia, jolloin pyöräilijä kokee kulkevansa kohti määränpäättä. Tätä edesauttavat maamerkit, joiden avulla voi määrittää kulkusuunnan.

- Alueelliset olot ja erityispiirteet otetaan huomioon ja reitit, erityisesti alemman toiminnallisen luokituksen mukaiset reitit, ohjataan mielenkiintoisten alueiden kautta. Ranta-alueita hyödynnetään mahdollisuuksien mukaan verkkosuunnittelussa.
- Keskustoissa pyöräilijöille tarkoitetut omat reitit sijoitetaan keskeisesti. Sivukatuja vältetään, koska ne ovat tuntemattomampia ja toiminnoiltaan mielenkiinnottomampia. Sivukadun reitit voivat muodostua myös pidemmiksi eivätkä ne välttämättä ole pääkatuja turvallisempia, vaan saattavat antaa jopa väärän turvallisuuden tunteen.
- Maankäytön ja reittien hyvällä sijoituksella vältetään tasoylityksiä varsinkin vilkkaiden ajoratojen poikki. Uusilla alueilla pyritään sijoittamaan verkko yhdyskuntarakenteen sisään ajoratojen ulkopuolelle.
- Liikennevaloin ohjattuja risteyksiä vältetään, koska ne hidastavat huomattavasti matkantekoa.
- Pyörätien sijoittelua tien puolelta toiselle vältetään, koska se vähentää reitin turvallisuutta, toimivuutta ja mukavuutta.
- Maantieympäristössä tienylitykset pyritään turvallisuussyistä keskittämään mahdollisimman harvoihin paikkoihin. Risteysratkaisut pyritään kaikkialla suunnittelemaan pyöräilijöiden (ja jalankulkijoiden) ehdoilla ottaen huomioon autoliikenteen määrä, nopeus ja luonne, kunnallistekniikka ja tulvareitit sekä eri käyttäjäryhmät.
- Kouluihin, lähikauppoihin ja muihin palvelukeskuksiin tulee myös haja-asutusalueella olla turvalliset yhteydet 3-5 kilometrin etäisyydeltä.

2.2 Pyöräilyn vaatima tila

Pyöräilijän tarvitseman tilan suuruus riippuu polkupyörästä, varusteista ja pyöräilijästä. Tilan tarve on vähintään 0,75 metriä, mutta hitaalla nopeudella ja ylämäessä huojunta voi kasvaa normaalinopeuden 0,25 metristä jopa 0,8 metriin. Leveämpi tilantarve on ylämäen lisäksi liikkeellelähtö- ja pysähtymispaikoissa. Pystysuuntainen tilantarve on vähintään 2,25 metriä. (Helsingin kaupunki 2012) Kuvassa 3 on esitetty liikennesuunnittelussa käytettävät polkupyöräilijän vapaan tilan tarve sekä aikuisen ja lapsen silmäpistekorkeudet.



Kuva 3. Polkupyöräilijän vapaan tilan tarve sekä silmäpisteiden korkeudet. (Helsingin kaupunki 2012, Liikennevirasto 11/2014)

Asetus ajoneuvojen käytöstä tiellä 4.12.1992/1257 28 § mukaan kaksipyöräisen polkupyörän suurin sallittu leveys on 0,80 metriä. Polkupyörään saa lisäksi kytkeä yksiakselisen perävaunun, jonka leveys on enintään 1,25 metriä. Kuvassa 4 on esitetty eri polkupyörätyyppien pituuksia ja leveyksiä.



Kuva 4. Polkupyörien pituuksia ja leveyksiä. (Liikennevirasto 2014)

2.3 Pyöräilijän tarpeet

Irlantilainen National Transport Authority (2011) julkaisi kansallinen pyöräilyohjekirjan, jossa on muun muassa kirjattu pyöräilijän erilaiset tarpeet, jotka suunnittelijan tulisi huomioida väyläsuunnittelussa. Lisäksi ohjeessa suositellaan, että suunnittelijat myös itse pyöräilisivät ja tulisivat näin tutuiksi pyöräily-ympäristön ja pyöräilijöiden tarpeisiin. Nämä kohdat ovat turvallisuus, yhtenäisyys, suoruus, houkuttelevuus ja mukavuus.

Samat viisi kohtaa ja niiden lisäksi sopeutumiskyky ovat brittiläisen Sustrans – järjestön (2014) mukaan tärkeitä tekijöitä pyöräilyväylien suunnittelussa.

Turvallisuus

Liikenneinfrastruktuurin suunnittelijoiden tulisi ottaa huomioon kaikkien tienkäyttäjien liikenneturvallisuus, myös pyöräilijöiden. Kaikkien pyöräilyverkkojen tulisi sisältää toimenpiteitä, jotka ovat osoittautuneet turvallisiksi ja joiden pyöräilijät uskovat olevan turvallisia. Konflikteja pyöräilijöiden ja kävelijöiden sekä autojen kanssa tulisi välttää. Turvattomuuden tunne voisi olla esteenä pyöräilemiseen.

Erityisesti painotettava seuraavia asioita:

- Väylän pinnan laatu. Pyöräily on turvallisempaa, kun pyöräilijä voi keskittyä täysin liikenteeseen.
- Risteysten suunnittelu. Liikenneturvan (2015) mukaan Suomessa kaksi kolmesta pyöräilijän kuolemaan johtaneesta onnettomuudesta johtuu auton ja polkupyörän törmäyksistä. Yli 70 % henkilövahingoista tapahtui risteyksissä ja yli puolet henkilövahingoista tapahtui pyörätien jatkeella risteyksessä.
- Ilta- ja yöaikaan tapahtuva pyöräily: huono valaistus ja henkilökohtaisen turvallisuuden riskit voi toimia pelotteena pyöräilylle.
- Veden poisto väyliltä: tukkeutuneet viemärit, huonosti sijoitetut viemärikourut ja kaivot voivat vaikeuttaa pyöräilyä.
- Väylien puhtaus: rikkiäinen lasi, irtohiekka ja märät lehdet.

Yhtenäisyys

Pyöräilyverkon pitäisi yhdistää kaikki pyöräilijöiden lähtö- ja määränpäävyöhykkeet. Hyvin kohdistettu verkko pitäisi kattaa suurimman osan pyöräilijöiden tarpeista. Pyöräilyreittien pitäisi olla loogisia ja jatkuvia. Viivästyksiä, kiertoteitä ja keskeytyksiä tulee välttää. Merkintöjen ja opasteiden tulisi olla selkeitä ja johdonmukaisia.

Erityisesti olisi painotettava seuraavia asioita:

- Reitin jatkuvuus: epäjatkuvuuskohdat tulisi mahdollisuuksien mukaan poistaa pyöräilyreiteiltä. Epäjatkuvuuksia voi tapahtua, kun suunnitellulla reitillä on lastaustointia, pysäköintiä tai kaistalla on muuta liikennettä.

- Risteykset: pyöräilyreiteillä risteyksien lähestyminen, läpiajo ja poistuminen pitäisi olla itsestään selvää.
- Pysäköinti: hyvin sijoitettu pysäköintimahdollisuus.

Suoruus

Pyöräilyväylät tulisi rakentaa niin suoriksi kuin mahdollista, viiveitä ja kiertoteitä vältellen. Hyvin suunniteltu kaupunkipyöräilyverkko tulisi olla matka-ajaltaan edullisempi muihin kulkutapoihin verrattuna.

Erityisesti olisi painotettava seuraavia asioita:

- Läpäisevyys: oikotiet tarjoavat etua pyöräilijöille.
- Liikennevalot: ajoituksilla saatava odotusajat risteyksissä mahdollisimman pieniksi.
- Kiertotiet: suositaan lyhyitä kiertoteitä nopeuden ylläpitämiseksi ja konfliktien välttämiseksi.

Houkuttelevuus

Pyöräilyreitit tulisi olla miellyttävä ja mielenkiintoinen. Tämä on erityisen tärkeää aloitteleville pyöräilijöille, matkailijoille ja muille vapaa-ajan pyöräilijöille.

Erityisesti olisi painotettava seuraavia asioita:

- Tuulensuojat: istutetaan tuulensuojakasvillisuutta, mikä voi tarjota samalla visuaalista kiinnostavuutta.
- Väylien huolto: hyväkuntoinen pinta, joka on puhdas roskista.
- Valaistus: pyöräilyreitit tulee olla riittävästi valaistu, mikä mahdollistaa turvallisen pyöräilyn myös ilta- ja yöaikaan.
- Turvallisuus: henkilökohtainen turvallisuus huomioitava.
- Miellyttävyys: hyvän kaupunkisuunnittelun edistäminen.

Mukavuus

Pyöräilyreitit tulisi suunnitella, rakentaa ja ylläpitää helppokäyttöisenä ja mukavana. Tämä on erityisen tärkeää aloitteleville pyöräilijöille, matkailijoille ja muille vapaa-ajan pyöräilijöille. Kaikki ne tekijät, jotka aiheuttavat epämukavuutta, viiveitä tai edellyttää suhteetoman paljon ylimääräistä vaivaa, pienentävät todennäköisesti pyöräilyn kulkutapaosuutta.

Erityisesti olisi painotettava seuraavia asioita:

- Väylän leveys: huolehdi riittävästä leveydestä konfliktien välttämiseksi.
- Kaltevuudet: varmista, etteivät kaltevuudet ole kohtuuttoman suuria.

- Pysähtymiset ja viiveet: minimoi pyöräilynopeuteen vaikuttavien esteiden ja kiertoteiden määrä.
- Pinnan laatu: varmista, että pyöräilyväylä on tasainen ja jatkuva.
- Melu ja häikäisy: minimoitava melun vaikutus ja muun liikenteen valojen aiheuttama häikäisy.
- Sääsuojat: minimoi huonolle säälle altistuminen.

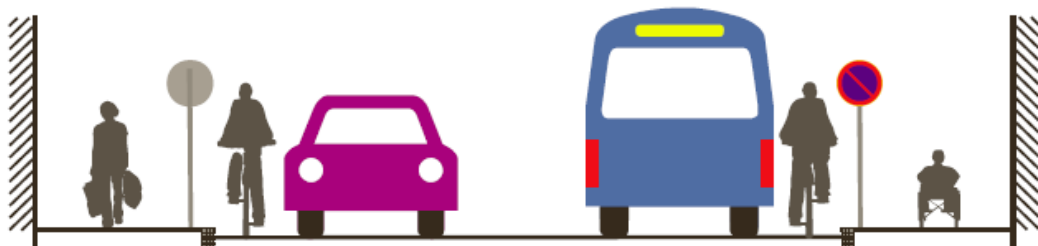
Sopeutumiskyky

Paikoissa, joissa odotetaan pyöräilyn kasvavan huomattavasti, pitäisi infrastruktuurin kyetä sijoittamaan kasvava pyöräilijämäärä nykyisille väylille.

2.4 Pyöräilyväylätyypit

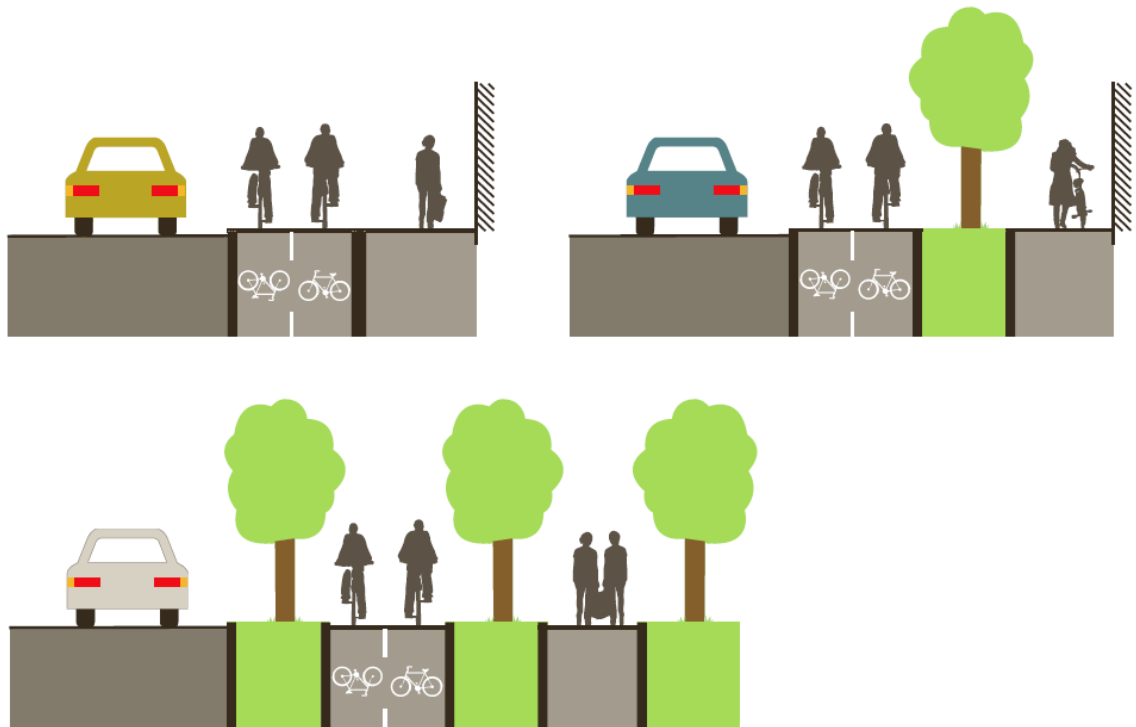
Yleisin pyöräilyväylän tyyppi Suomessa on sekaliikenneväylä. Muita pyöräilyyn tarkoitettuja väylätyyppejä ovat yksi- tai kaksisuuntainen pyörätie, pyöräkaista sekä yhdistetty pyörätie ja jalkakäytävä. Lisäksi pyöräillä voi myös kävelykadulla, pihakadulla ja shared space -tilassa.

Sekaliikenneväylä, joka on katu tai tie, pyöräilijöillä ei ole varattu erillistä osaa poikkeileikkauksesta, vaan he ajavat väylän menosuuntaan oikeata reunaa (kuva 5). Tämä järjestely toimii parhaiten silloin, kun auto- ja pyöräilyliikenteen nopeudet ovat alhaisia ja mahdollisimman lähellä toisiaan. Hidaskatu on sekaliikenneväylä, jonka nopeakäyttö on yleensä ≤ 30 km/h ja jolla on nopeutta alentavia rakenteellisia ratkaisuja, kuten esimerkiksi erilaiset pintamateriaalit, ajoradan kaventaminen, saarekkeet tai pollarit. (Liikennevirasto 2014, Oulun kaupunki 2015)



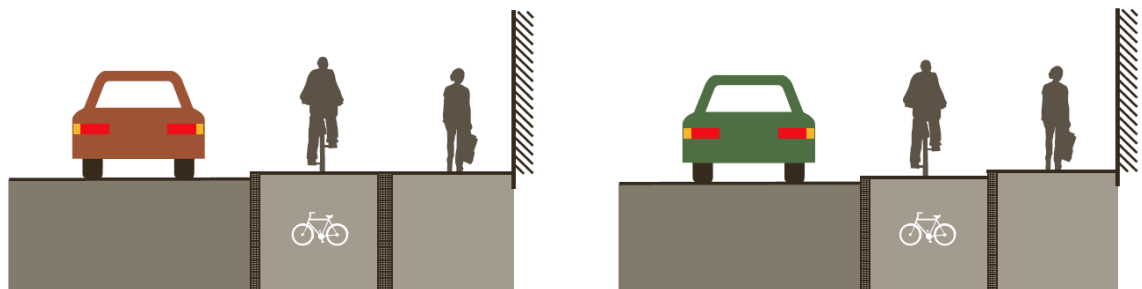
Kuva 5. Sekaliikenneväylä.

Kaksisuuntainen pyörätie on rakenteellisesti autoliikenteestä erotettu vain pyöräilijöille tarkoitettu väylä. Se voidaan toteuttaa kadun varrelle samaan tai eri tasoon jalkakäytävän kanssa tai erillisenä ratkaisuna kuvan 6 mukaisesti. Kaksisuuntainen pyörätie erottelee pyöräilijät muusta liikenteestä ja mahdollistaa siten nopean pyöräilyn. (Liikennevirasto 2014)



Kuva 6. Kaksisuuntaisen pyörätien erilaisia toteuttamisvaihtoehtoja.

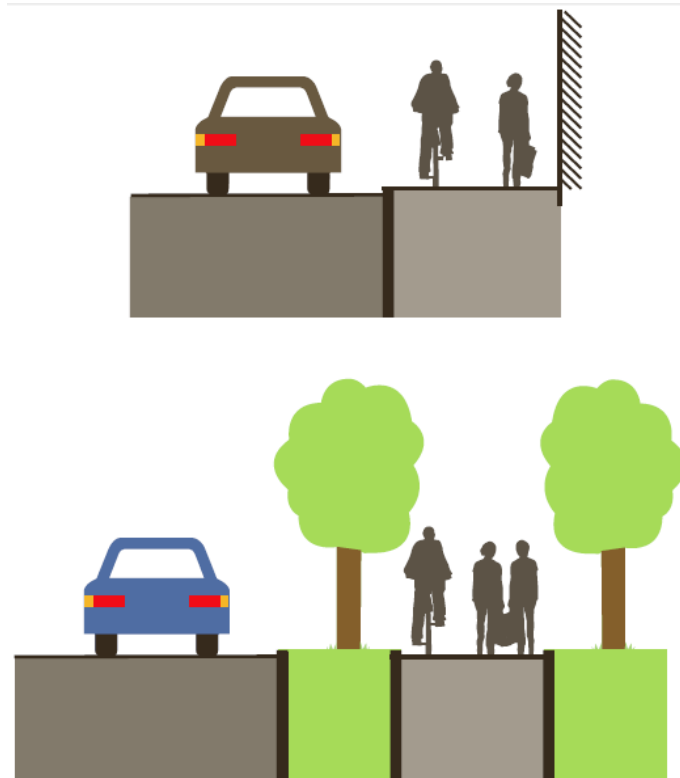
Myös **yksisuuntainen pyörätie** on rakenteellisesti autoliikenteestä erotettu vain pyöräilijöille tarkoitettu väylä. Siinä pyöräily tapahtuu aina muun ajoneuvoliikenteen suuntaisesti. Toteutus voidaan tehdä joko samaan tai eri tasoon jalkakäytävän kanssa (kuva 7). (Liikennevirasto 2014)



Kuva 7. Yksisuuntaisen pyörätien kaksi- ja kolmitasoratkaisu.

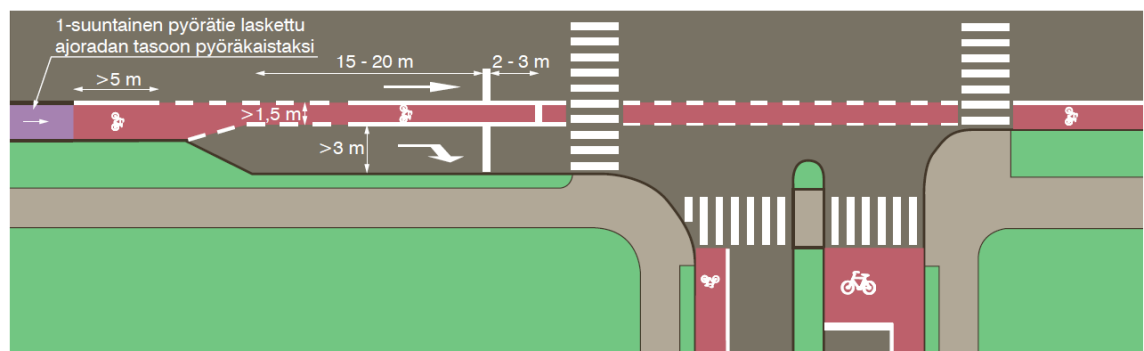
Yhdistetty pyörätie ja jalkakäytävä on sekaliikenneväylän jälkeen yleisin pyöräilyväylän tyyppi Suomessa (kuva 8). Tämä ratkaisu on toimiva, kun pyöräilijöiden ja jalankulkijoiden määrä ei edes tavoitetilanteessa ylitä poikkileikkauksessa seuraavia määriä huipputunnin aikana:

- yli 200 pyöräilijää ja yli 200 jalankulkijaa
- yli 300 pyöräilijää ja yli 50 jalankulkijaa
- yli 50 pyöräilijää ja yli 300 jalankulkijaa



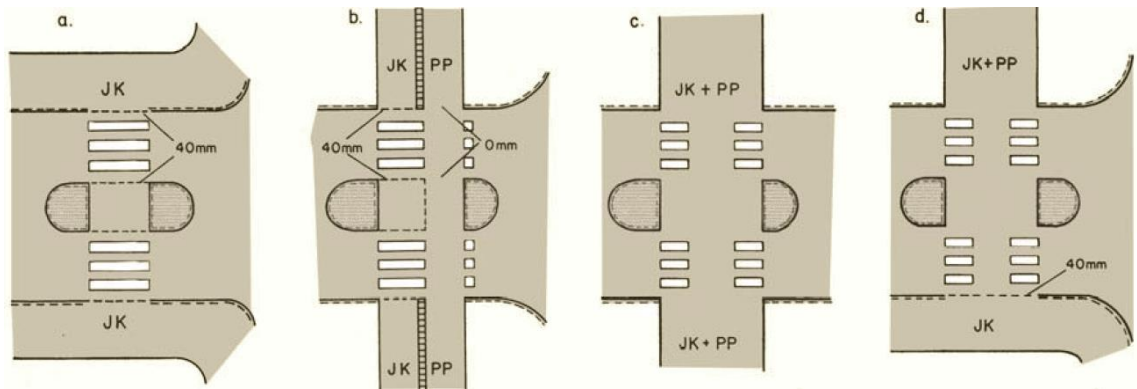
Kuva 8. Yhdistetty pyörätie ja jalkakäytävä.

Pyöräkaista on yksisuuntainen, yleensä molempiin ajosuuntiin tehty, tiemerkinnoin pyöräilijöille ja mopoilijoille osoitettu ajoradan pituussuuntainen osa. Pyöräkaistaa ei saa ohjata risteyksissä pyörätien jatkeeksi osana jalkakäytävän suojatietä. Pyöräkaista merkitään polkupyöräliikenteelle tarkoitettuna tieosana ainoastaan tiemerkinnoin. Jos risteys on liikennevalo-ohjattu, voidaan siinä käyttää polkupyöräilijöille ja mopoilijoille erillistä odotustilaa, pyörätaskua (kuva 9). Pyöräkaistalla noudatetaan samoja sääntöjä kuin ajoradalla ajettaessa. (Liikennevirasto 2014)



Kuva 9. Pyöräkaista ja sen merkitseminen eri tilanteissa. (Liikennevirasto 2014)

Jalankulku- ja pyöräilyohjeen mukaan (Liikennevirasto 2014) pyörätien jatkeessa ei saa olla pyöräilijälle tasoeroa. Tämä koskee myös kuvan 10 kohtien c ja d yhdistettyä pyörätietä ja jalkakäytävää.



Kuva 10. Saarekkeet, reunatuet sekä suojatie- ja pyörätien jatke –merkinnät.

Kaupunkien keskustoissa näkee vielä usein tilanteita, joissa jalkakäytävä on muutettu yhdistetyksi jalkakäytäväksi ja pyörätieksi, mutta tasoeroa ei ole saatu kokonaan poistettua.



Kuva 11. Yhdistetty pyörätie ja jalkakäytävä Oulussa: suojatiemerkinä puuttuu, liikennemerkki puuttuvat, tasoero noin 6 cm. (kuva Erkki Kauppinen)

Kävely- ja pihakadulla liikutaan jalankulkijoiden ehdoilla. Tämä tarkoittaa, että pyöräilijöiden tulee sopeuttaa nopeutensa jalankulkijoiden mukaan ja väistää tarvittaessa jalankulkijoita (kuva 12). Kävely- ja pihakadulla pyöräilijöiden ajonopeus saa olla maksimissaan 20 km/h. (Liikennevirasto 2014)



Kuva 12. Kävelykatu Rotuaari Oulun keskustassa. (kuva Erkki Kauppinen)

Shared spacen (yhteinen tila) ajatuksena on kadun ja tilan eri toimintojen yhdistäminen. Tavoitteena on, että kaikki liikkujat liikkuvat samoilla ehdoilla ja käyttävät samaa kulkunopeutta. Jos shared space merkitään pihakatu-liikennemerkillä, autoliikenne tapahtuu jalankulkijoiden ehdoilla, muuten voimassa ovat samat liikennesäännöt kuin muillakin kaduilla. Shared space sopii parhaiten jalankulkuvyöhykkeelle, jossa on kävelyä ja pyöräilyä edistäviä toimintoja kadun molemmin puolin.

2.5 Pyöräily kulkutapavalintana

Parkin (2004) on tutkinut työmatkapyöräilyyn vaikuttavia tekijöitä Isossa-Britanniassa. Hänen mukaansa työmatkapyöräilyn suosioon vaikuttavat auton omistus, sosioekonominen luokka, etnisyys, työmatkan pituus, pyörätieverkon kunto ja tiheys, mäkisyys, sademäärä ja keskilämpötila. Lisäksi pyörätien, bussikaistan ja muulta liikenteeltä vapaan reitin pituus todettiin olevan tärkeää, koska nämä riskitekijöinä vaikuttavat pyörän käytön suosioon.

Majumbar & Mitra (2013) tekivät Intiassa tutkimuksia pyöräilyn kulkutavan valintaan vaikuttavista tekijöistä. He jakoivat tutkimustensa perusteella tekijät kolmeen vaikutusluokkaan: käyttäjälähtöiset, reittiin ja linkkiin liittyvät sekä matkaan liittyvät tekijät. Taulukossa 1 on eritelty kunkin luokan yksilöidyt tekijät ja niiden vaikutusosuudet prosenteittain.

Taulukko 1. Pyöräilyn kulkutapavalintaan vaikuttavat tekijät.

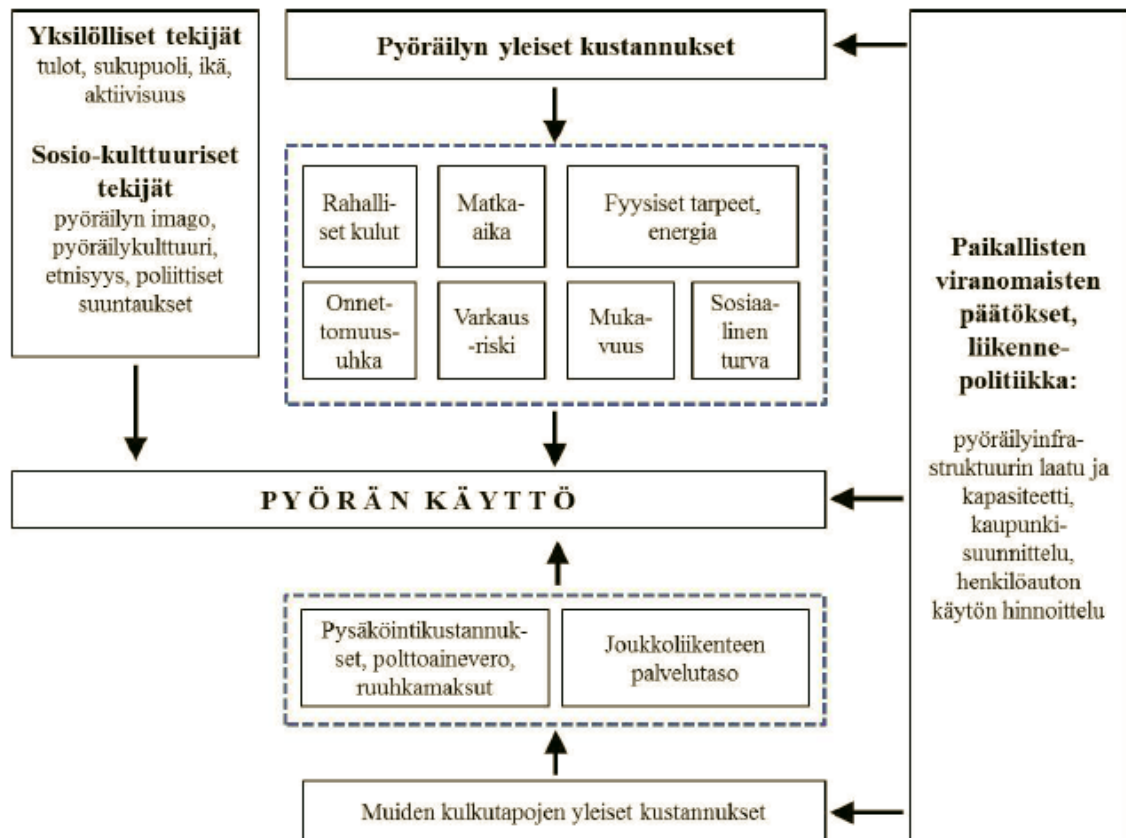
Eri tekijöiden vaikutukset polkupyörän valintaan kulkutavaksi		
Käyttäjälähtöiset tekijät	Reittiin ja linkkiin liittyvät tekijät	Matkaan liittyvät tekijät
Fyysiset tekijät 33%	Reitin topografia 43 %	Liikenneturvallisuus 33 %
Psykologiset tekijät 24 %	Linkin sujuvuus 20 %	Yleinen turvallisuus 29 %
Matkustusajan joustavuus 23 %	Ruuhka 19 %	Ympäristötekijät 20 %
Taloudelliset tekijät 20 %	Pysäköinti 18 %	Sääolosuhteet 18 %

Käyttäjälähtöisistä kriteereistä fyysisille tekijöille on annettu korkein painoarvo (33 %). Tämä on luonnollista, koska pyöräily vaatii paljon fyysistä työtä. Taloudelliset tekijät ovat saaneet vähiten painoarvoa tässä ryhmässä, koska polkupyörä on halvin kuljetusmuoto, mikä tekee siitä taloudellisesti toteutettavan. Nämä suhteelliset painoarvot osoittavat selvästi, että fyysinen työ ja uupumus ovat tärkeämpiä kuin taloudelliset tekijät, ainakin pyöräilijöiden valintana.

Reittiin ja linkkiin liittyvistä tekijöistä reitin topografialla on selkeästi merkittävin vaikutus, koska suuret korkeusvaihtelut vaativat enemmän fyysistä työtä. Sujuvuuden, ruuhkien ja pysäköinnin merkitykset katsottiin olevan yhtä tärkeitä.

Matkaan liittyvistä tekijöistä liikenneturvallisuus oli tärkein tekijä. Yleinen turvallisuus on Intian kaltaisessa kehitysmaassa lähes yhtä tärkeä tekijä kuin liikenneturvallisuus. Saastuneen ja huonon ympäristön tilaan tottuneille ympäristötekijöillä ja sääolosuhteilla ei ole niin suurta merkitystä. (Majumbar & Mitra 2013)

Hollantilaisessa tutkimuksessa Rietveld & Daniel (2004) ovat selvittäneet syitä, miksi ihmiset käyttävät pyörää Alankomaissa (kuva 13). He jakoivat tekijät kolmeen luokkaan: fyysiset, väestöön liittyvät ja liikennepoliittiset tekijät. Fyysisiä tekijöitä ovat topografia ja ilmastotekijät eli tuuli ja sade. Mäkinen maasto, vastatuuli ja kylmä sade ovat pyöräilyntoa laskevia tekijöitä. Väestöön liittyviin tekijöihin kuuluvat muun muassa kaupungin asukasluku, ihmisten etninen tausta sekä sosiodemografiset muuttujat, joista tärkein on lasten ja nuorten määrä. Suuressa kaupungissa julkinen liikenne toimii usein riittävän hyvin vähentäen pyöräilymääriä. Muualta muuttaneilla ei välttämättä ole ollut pyöräilytaustaa kotimaassaan, jolloin siirtyminen uuden kulkumuodon käyttämiseen voi olla suuri. Liikennepoliittisia tekijöitä ovat muun muassa pyöräilyn turvallisuus, tienpinnan laatu ja pysähdysten määrä, jotka liittyvät pyöräilyinfrastruktuurin laatuun.

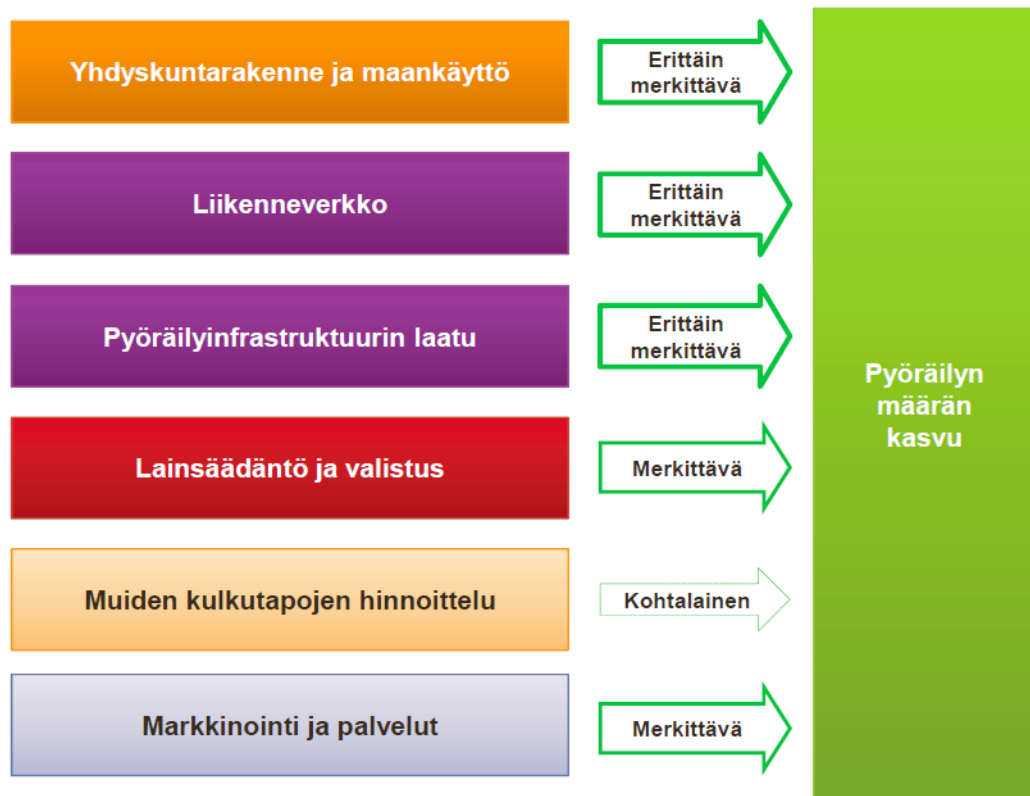


Kuva 13. Polkupyörän käyttöön vaikuttavat tekijät. (Vaismaa 2014, Rietveld & Daniel 2004)

Rietveld & Daniel (2004) päätyivät tutkimuksessaan johtopäätökseen, että pyöräilymäärien lisäämisessä on kaksi olennaista tapaa: parantaa pyöräilyn houkuttelevuutta vähentämällä sen yleisiä kustannuksia ja tekemällä kilpailevien kulkumuotojen käyttö kalliimmaksi.

Van Goeverden & Godefrooijin (2011) mukaan polkupyörän käytön edistäminen on uskottavaa ja menestyksestä vain, jos pyöräily on käytännöllistä, suhteellisen nopea ja kätevä kuljetusmuoto. Viisi tärkeintä vaatimusta polkupyöräinfrastruktuurin suunnittelussa ovat johdonmukaisuus, suoruus, vetovoimaisuus, turvallisuus ja mukavuus.

Luukkonen & Vaismaa (2013) tutkivat kirjallisuusselvitysten perusteella pyöräilyn määrän kasvuun vaikuttavia tekijöitä. Näitä ovat yhdyskuntarakenne ja maankäyttö, liikenneverkko, pyöräilyinfrastruktuurin laatu, lainsäädäntö ja valistus, muiden kulkutapojen hinnoittelu sekä palvelut ja markkinointi (kuva 14). Kolmella ensin mainitulla tekijällä on erittäin merkittävä vaikutus.



Kuva 14. *Pyöräilyn määrään vaikuttavat tekijät. (Luukkonen & Vaismaa 2013)*

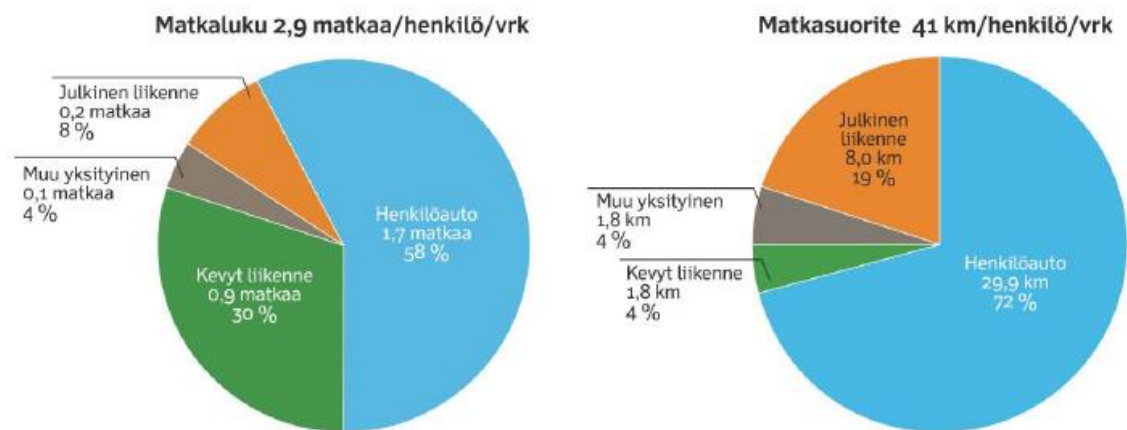
Luukkonen et al. (2012) mukaan pyöräilyn kysyntään vaikuttavissa tekijöissä painottuvat maan yhdyskuntarakenteen ja palvelujen sijoittumisen lisäksi kulutus- ja ajankäyttötottumukset sekä liikenteen tarjonta (kuva 15). Yhdyskuntarakenne ja toimintojen sijoittuminen vaikuttavat ensisijaisesti matkojen pituuteen ja siten pyöräilyn mahdollisuuksiin. Myös väestön ominaisuudet, kuten asenteet pyöräilyyn ja ikääntyminen ovat tärkeitä tekijöitä pyöräilyn kulkutapavalinnoissa. Liikenneturvan (2015) tilastojen mukaan ikääntyvä väestö aiheuttaa haasteita pyöräilylle; kaikista vuosina 2012–2014 tieliikenteessä kuolleista pyöräilijöistä noin 68 % oli yli 55 -vuotiaita.

Bogotassa rakennettiin 24 km pitkä Porvenir Promenade, joka on sallittu ainoastaan kävelijöille ja pyöräilijöille. Koska kävely ja pyöräily ovat halpoja kulkutapoja, on se siksi mahdollista myös köyhemmälle väestöosalle. Jotta mahdollisimman moni pääsisi nauttimaan hyvistä kulkuyhteyksistä, päätettiin rakentaa ensin leveä väylä, johon autoilla ei ole asiaa. Autoilijat saavat ajaa huonokuntoisilla teillä promenadin vieressä, kuva 16. (Hutzwit 2011)



Kuva 16. *Porvenir Promenade, Bogota, Kolumbia. (Hutzwit 2011)*

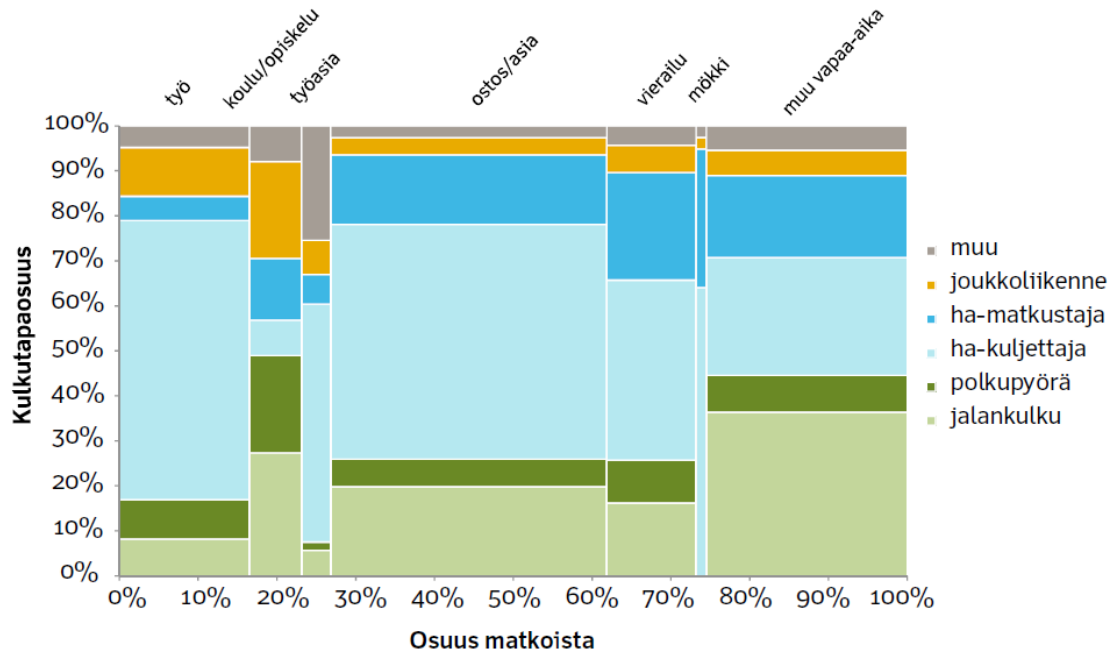
Suomalaiset tekevät henkilöliikennetutkimuksen 2010 - 2011 mukaan yli viisi miljardia kotimaanmatkaa vuodessa. Vajaa kolmasosa näistä on kävely- ja pyöräilymatkoja henkilöauton ollessa selvästi käytetyin kulkutapa (kuva 17). (Liikennevirasto 2012)



Kuva 17. *Kotimaan matkaluku ja matkasuorite sekä osuudet matkan pääasiallisen kulkutavan mukaan. (Liikennevirasto 2012)*

Työ- ja koulumatkojen pyöräilyn edistämiseen ja liikkumisen ohjauksen keinoihin on tähän mennessä panostettu eniten. Vaikka niiden osuus kaikista matkoista on kuitenkin vain 24 %, panostus on perusteltua. Suurin matkaryhmä on ostos- ja asiointimatkat (35 %) ja myös muiden vapaa-ajan matkojen määrä on merkittävä (25 %) (kuva 18). Jatkossa myös näiden matkaryhmien pyöräilyn edistämiskeinoihin pitäisi voida vaikuttaa. (Somerpalo et al. 2015)

Kuvassa 18 koko pinta-ala tarkoittaa kaikkien matkojen kokonaismäärää. Y-akselilla pylvään korkeus kuvaa kulkumuodon prosentuaalista osuutta kyseisen matkaryhmän matkoista ja X-akselilla pylvään leveys kuvaa kyseisen matkaryhmän prosentuaalista osuutta kaikista matkoista. Yksi osa pylvään pinta-alasta kuvaa aina kyseisen matkaryhmän osuutta kaikista tehdyistä matkoista. (Somerpalo et al. 2015)



Kuva 18. *Kulkumuotojakauma matkan tarkoituksen mukaan matkojen määristä.* (Somerpalo et al. 2015)

Pyöräilyn kulutapaosuus työmatkoilla on varsin alhainen, 9 %. Koska yli 60 prosenttia työmatkoista tehdään henkilöauton kuljettajana, pyörämatkaosuuden nostamiselle on potentiaalia. Haasteita lisää työmatkojen pitenemistrendi. Suurin mahdollisuus pyöräilymatkojen lisäämiseen on alle viiden kilometrin mittaisilla matkoilla. Pitemmätkin pyörämatkat ovat suhteellisen yleisiä ja sähköpyörien yleistymisen myötä mahdollistavat työmatkapyöräilyn osuuden nousua. (Somerpalo et al. 2015)

2.6 Pyöräilyn lainsäädäntö murroksessa

Suomessa liikennesuunnittelua ohjaavat Tieliikennelaissa (L 3.4.1981/267) ja Tieliikenneasetuksissa (A 5.3.1982/182) määritellyt voimassa olevat liikennesäännöt. Liikennesäännöt pohjautuvat vuonna 1968 hyväksyttyyn Wienin tieliikennettä koskevaan yleissopimukseen. Tieliikennelain mukaan polkupyörä on ajoneuvo, joten ajoneuvoliikenteen säännöt koskevat pyöräilijöitä. Polkupyöräilyä koskee lisäksi jotkin erikseen määrätty säännökset. Pyöräilijä voi ylittää ajoradan pyörätien jatketta pitkin. Tieliikenneasetuksen 37 §:n mukaan pyörätieltä tulevalle ajoradan ylityspaikka, pyörätien jatke, merkitään kahdella valkoisella katkoviivalla. Jos pyörätien jatke merkitään suojatiemerkin rinnalle tai keskelle, suojatien puoleista katkoviivaa ei merkitä. 1.7.2010 voimaan tullessa asetuksessa oli

kuitenkin lisäys, jonka mukaan voimassa olleiden määräysten mukaisia liikennemerkkejä ja tiemerkintöjä saisi käyttää vuoden 2017 loppuun saakka.

Viime aikoina tapahtuneiden onnettomuuksien myötä on korostunut autoilijoiden ja pyöräilijöiden välisten väistämissääntöjen heikko tuntemus. Tämä näkyi jo aiemmin Karvisen (2012) tutkimuksessa, jossa selvitettiin kyselytutkimuksen avulla sääntötuntemuksen taso viiden väistämissäännön osalta. Tutkimuksen tulosten mukaan tuntemus vuodesta 1997 voimassa olleesta pyöräilijän väistämismääräyksen pyörätien jatkeen ja ajoradan risteyskohdassa on heikentynyt, sillä ainoastaan 34 prosenttia vastasi kyseistä sääntöä käsitelleeseen kysymykseen oikein. Muiden sääntöjen osalta tuntemus oli parantunut aiempiin tutkimuksiin verrattuna. Karvisen (2012) mukaan pyöräilyn väistämissääntöjen tuntemisen parantamiseen tulisi suunnata toimenpiteitä. Ajokortin omaavat pyöräilijät tuntevat väistämissäännöt kortittomia paremmin.

Pyöräteiden jatkeiden erottaminen ainoastaan jalankulkijoille tarkoitetuista suojateistä on aiheuttanut vaikeuksia sekä pyöräilijöille, autoilijoille että viranomaisillekin. Pyörätien jatkeelle ei ole olemassa omaa liikennemerkkiä ja vanhan käytännön mukaan suojatien yhteydessä oleva pyörätien jatke voidaan merkitä koko leveydeltään ainoastaan suojatiemerkinnöin. Suojatieksi merkityllä ajoradan ylityskohdalla saa siis ajaa polkupyörällä, mikäli suojatielle tullaan suoraan pyörätieltä. (Karvinen 2012)

Tieliikennelaissa ei kuitenkaan tarkenneta, onko suojatie pyörätien jatke myös silloin, kun pyörätie jatkuu vain ajoradan ylityskohdan toisella puolella. Korkeimman oikeuden päätöksen (KKO:1996:125) mukaan pyörätieltä tuleva saa pyöräillä suojatien yli, vaikka pyörätie ei jatku suojatien toisella puolella. Vastakkaiseen suuntaan suojatie ei kuitenkaan ole pyörätien jatke, jos pyörätien liikennemerkki on vasta suojatien jälkeen. Sääntöjen tulkitseminen liikennetilanteissa voi siis olla hyvin hankalaa ja ajoradalla kulkevien autoilijoiden voi olla käytännössä mahdotonta tietää, milloin suojatie on pyörätien jatke ja milloin ei.

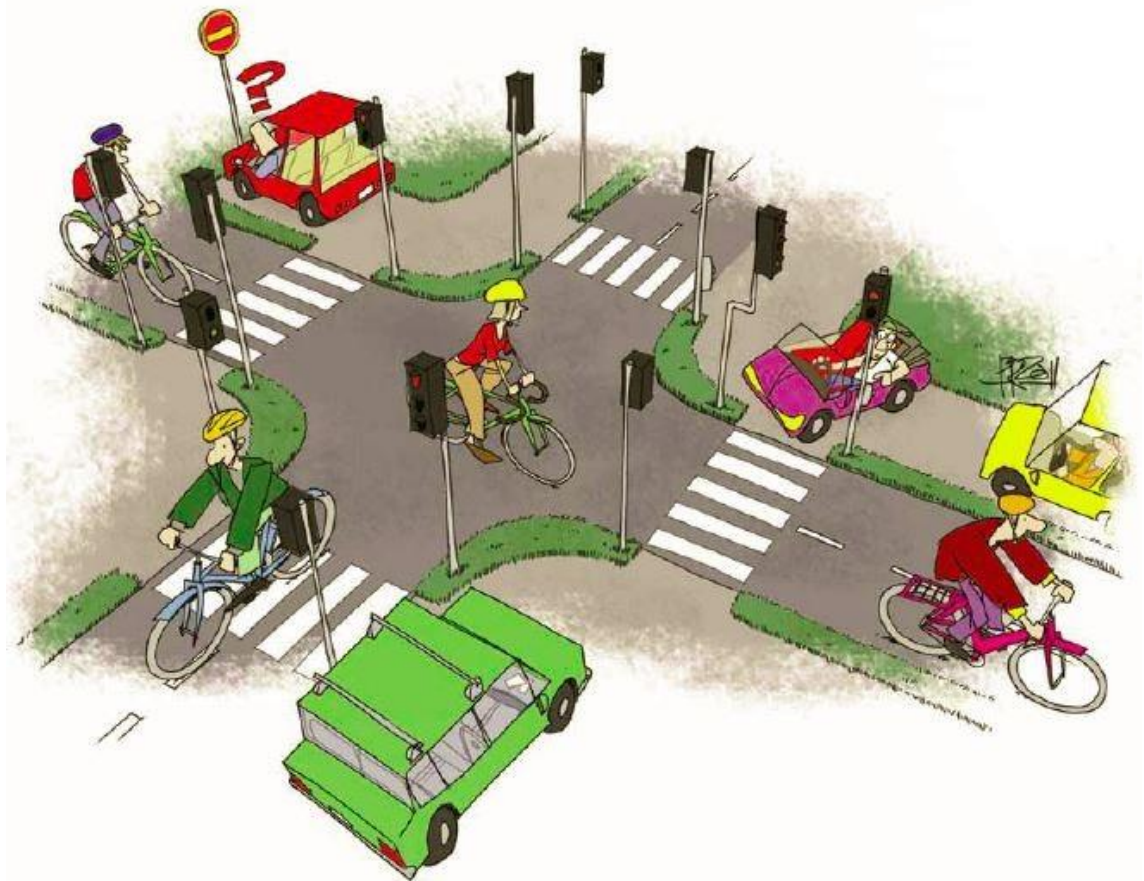
Vuonna 2010 tieliikenneasetusta muutettiin siten, että pyörätien jatke on aina merkittävä valkoisella katkoviivalla. Mikäli samassa ajoradan ylityskohdassa on sekä suojatie että pyörätien jatke, paikalle merkitään entisestä käytännöstä poiketen molemmat ajoratamerkinnot rinnakkain. Pelkkää suojatiemerkintää voidaan kuitenkin käyttää siirtymäajan eli vuoden 2017 loppuun asti. (A 5.3.1982/182, 37 §) Uusi merkintäkäytäntö selkeyttää pyörätien jatkeen tunnistamista ongelmakohdissa, mutta talviolosuhteissa valkoisten ajorata-merkintöjen näkyvyys ei aina ole riittävä.

Liikenne- ja viestintäministeriö käynnisti 13. kesäkuuta 2013 tieliikennelain kokonaisuudistukseen tähtäävän hankkeen. Liikenne- ja viestintäministeriön liikenneneuvos Kimmo Kiiskin mukaan (Kari Pitkänen, Kaleva 4.7.2015) tieliikennelain kokonaisuudistuksessa keskustellaan vakavasti mallista, jossa kadun yli johtavaan pyörätien jatkeeseen olisi aina

liitetty autoilijoille tarkoitettu kärkikolmio. Tämä vahvistaisi pyöräilijän asemaa ja turvallisuutta ajoradan ylitystilanteissa merkittävästi.

Poliisin mukaan autoilijoiden ei pitäisi antaa kohteliaisuussyistä pyöräilijöille etuajo-oikeutta, sillä se tuudittaa väärään turvallisuuden tunteeseen siirryttäessä liikennelainsäädännöstä kiinni pitävään ”epäkohteliaaseen” ympäristöön. Tienkäyttäjä, tässä tapauksessa autoilija, saattaa myös kohteliaisuudellaan rikkoa tieliikennelakia estämällä tai häiritsemällä muuta liikennettä. (Myllylä 2015)

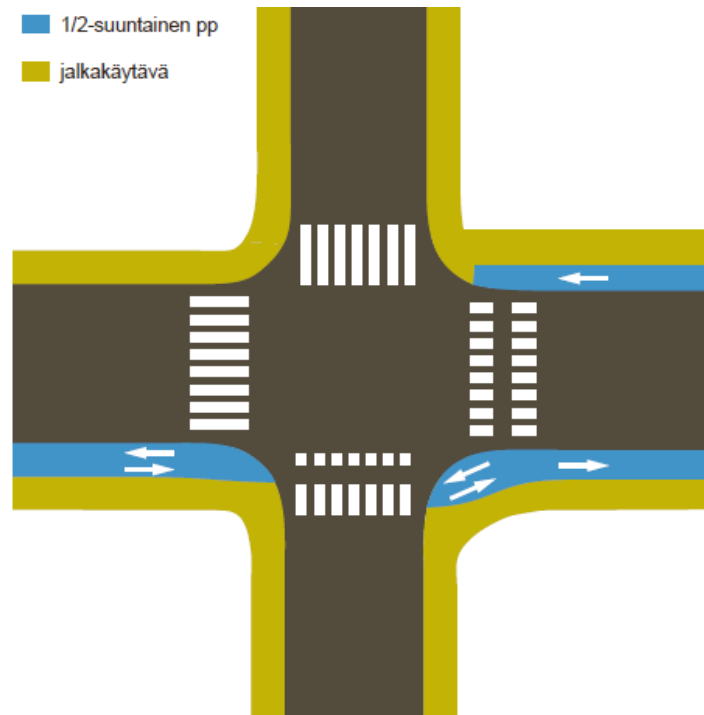
Kuvassa 19 on esitetty kuvitteellinen tilanne, jossa autoilijat ja pyöräilijät ovat vaihtaneet kulkuväyliään.



Kuva 19. Kuvitteellinen tilanne, jossa moottori- ja pyöräliikenne vaihtaisivat keskenään kulkuväylänsä. (kuva Pekka Rahkonen)

Jalankulku- ja pyöräilyväylien suunnitteluohjeen (Liikennevirasto 2014) mukaan ajoradan ylityspaikka osoitetaan pyörätieltä tulevalle polkupyöräilijälle pyörätien jatkeella. Pyörätien jatke merkitään suojatien yhteyteen myös, kun ajoradan pyöräilijä saapuu pyörätieltä ajoradan risteykseen riippumatta siitä, jatkuuko pyörätie enää suojatien jälkeen. Eli pyöräilijä voi ajaa pyörätien jatketta risteävän tien yli vastapuolella olevalle ajoradalle ilman, että joutuisi taluttamaan pyöräänsä. Pyörätien jatketta merkitä risteävän tien yli tapauksessa, jossa pyörätie jatkuu pääsuunnan toisella puolella ja pyörätien jatke voidaan osoittaa kuvan

20 mukaisesti samassa risteyksessä parempaan paikkaan. Kaikki pyöräteihin liittyvät suojatiet eivät siis ole pyörätien jatkeita.



Kuva 20. Kaksisuuntainen pyörätie muuttuu risteyksen vaikutusalueella yksisuuntaiseksi pyörätieksi. (Liikennevirasto 2014)

2.7 Liikennevalot, viiveiden aiheuttaja

Normaali pyöräilymatka on alle 6 km. Jokainen risteyksen ylitystä odotettava aika vie suuremman osuuden kokonaismatka-ajasta verrattuna ajoneuvoliikenteeseen. Tämä toimii pelotteena pyöräilijöille. Viiveitä voi syntyä, jos valoristeykset on suunniteltu maksimoimaan ajoneuvoliikenteen kapasiteettia ja minimoimaan viivettä. Huonolla säällä syntyvä viive on paljon vähemmän hyväksyttävää pyöräilijöille kuin ajoneuvojen kuljettajille. (National Transport Authority 2011)

Huhtikuussa 2014 valmistuneessa Liikenneviraston jalankulku - ja pyöräilyväylien suunnittelu -ohjeessa (Liikenneviraston ohjeita 11/2014) todetaan, ettei pyörätien jatkeessa saa olla pyöräilijälle tasoeroa. Jalkakäytävän pinta saa kohota suojatien kohdalla 40 mm ajoradan reunasta joko pystysuoralla reunakivellä tai 150 mm matkalla luiskatulla reunakivellä pyörätuolilla liikkumisen mahdollistamiseksi ja lumen aurauksen helpottamiseksi. Pyörätien jatkeessa pienikin koroke hidastaa risteyksen ylittämistä.

Kukaan ei haluaisi pysähtyä punaisiin liikennevaloihin. Pysähtyminen ja kiihdyttäminen kuluttavat pyöräilijän energiaa ja hitaasti ajaminen vaatii tasapainoilua muun liikenteen joukossa. (de Haan 2003)

Pyöräilijällä joutuu odottamaan liikennevaloissa moottoriajoneuvoja pitempään, koska vihreän valon kesto on lyhempi ja liittymän ylitysaika pitempi. Tavoitteellisena odotusai- kana liikennevaloihin pysähtymistä voidaan pitää alle 15 sekuntia. Pyöräilijät ja kävelijät sietävät pidempiä odotusaikoja, jos todennäköisyys liikennevaloissa pysähtymiseen on pieni. Varustamalla liikennevalot valojen vaihtumiseen kuluvalle ajalle, parannetaan liikenteen ennakoitavuutta. (Vaismaa et al. 2011a)

Kaupunkialueille ideaaliset liikennevalojen kiertoajat ovat 60–90 sekuntia. Pitkät odotus- ajat turhauttavat kävelijöitä ja pyöräilijöitä, mikä saa heidät helpommin ylittämään risteyk- sen punaisten valojen aikaan. (NACTO)

Odotusaikaa helpottamaan voidaan asentaa telineitä, joista pyöräilijät saavat tukea ja joita vasten voivat lepuuttaa jalkojaan (kuva 21).



Kuva 21. Tukholmassa pollareita, joissa käsituet ja lepuutuspaikat jaloille. (Dezeen 2013)

Liittymän käytettävyyssominaisuuksia ovat ohjaavuus, selkeys, turvallisuus ja mukavuus. Liittymän yli tulee päästä pyörällä mahdollisimman suoraan ja nopeasti, eikä se saa piden- tää kohtuuttomasti reittiä. Pyöräilyn mukavuus ja nopeus kärsii oleellisesti, jos pyöräilijä joutuu liittymissä ylittämään reunakiviä. Pyöräiliikenteen ohjauksen tulee selkeydellä mah- dollistaa tietämys jo liittymään saavuttaessa, miten pyöräilijä voi sen ylittää. Liittymien turvallisuuden vuoksi kaikkien tienkäyttäjien on pystyttävä havaitsemaan toiset liikenteen

käyttäjät helposti. Pyöräilijän ja kävelijän riski loukkaantua vakavasti tai kuolla liikenneonnettomuudessa kasvaa moottoriajoneuvon nopeuden kasvaessa. Siksi moottoriajoneuvojen nopeus tulee saada mahdollisimman pieneksi, varsinkin vaarallisissa liittymissä. (Vaismaa et al. 2011a)

Taulukko 2. *Odotusaikojen keskiarvoja liikennevaloissa mitattuna erikokoisissa kaupungeissa. (de Haan 2003)*

Kaupungin asukasluku	Pyöräilijäotos	Liikennevalot kpl/km	Odotusaika pysähtymisestä (sek)	Odotusaika % koko matkasta
20 000 - 50 000	689	0,33	33,4	66
50 000 – 100 000	708	0,61	33,3	62
yli 100 000	605	0,99	29,4	87

Selityksiä yllä olevalle ilmiölle (de Haan 2003):

- Pyöräilijät eivät saa vihreää valoa silloin, kun ei ole ristiriitaisia liikennevirtoja.
- Liikennevalojen suunnitteluprosessi keskittyy mahdollisimman sujuvaan moottoriajoneuvojen ohjaukseen. Polkupyöräilyllä on ollut vain vähäinen merkitys liikennevaloihin aikataulujen suunnittelussa.
- Dynaamiset järjestelmät reagoivat riittämättömästi polkupyöriin. Usein kiertoajat pidentyvät autojen määrä kasvaessa, kun taas suurempi polkupyörien määrä ei vaikuta ollenkaan.
- Suunnittelulla ja käytännön aikataululla on ero. Useimmissa risteyksiä tutkittu viiranomaisen laatima aikataulu poikkeaa käytännöstä.
- Ajan puute. Usein yksi virkailija joutuu käsittelemään liikaa risteyksiä. Vain harvoin etsitään mahdollisuuksia tehdä olemassa olevia valoja paremmin polkupyörille sopiviksi.

Kööpenhaminassa otettiin käyttöön vuonna 2007 Nørrebrogadella ensimmäinen vihreä aalto pyöräilijöille ja sen jälkeen konsepti on levinnyt muille kaupungin pääalueille. Liikennevalot on säädetty niin, että pyöräilijä voi ajaa aamuruuhkassa kaupunkiin 20 km/h nopeudella siten, että vihreä valo palaa koko ajan. Iltapäivällä vihreä aalto toimii kaupungista poistuvilla pyöräilijöille. Pyöräilijöiden keskinopeus Kööpenhaminassa on noin 16 km/h, mutta vihreän aallon 20 km/h nopeudella haluttiin parantaa pyöräilijöiden liikennevirtaa. 20 km/h aalto rohkaisee hitaampia pyöräilijöitä ajamaan hieman nopeammin, mutta samalla nopeampia pyöräilijöitä ajamaan hitaammin hyödyntääkseen vihreän aallon. Vihreää aaltoa hyödyntävä reitti on myös kuvattu omalla tiemerkinällä (kuva 22). (Copenhagenize 2014)



Kuva 22. Tiemerkintä kuvaamassa vihreän aallon väylää Kööpenhaminassa. (kuva Colville Andersen)

Frederiksbergin kaupunginosassa Kööpenhaminassa pyöräilyn pääreiteille on asetettu pyl-
väitä, joissa näkyy seuraavan liikennevalon vaihtumisaika (kuva 23). Jos valo on punainen,
ajanlasku tapahtuu seuraavan vihreän valon vaihtumiseen ja päinvastoin. Pyöräilijä voi itse
päättää, haluaako kiristää vauhtia ehtiäkseen vihreän valon aikaan tai hiljentää nopeuttaan
välttyäkseen pysähtymiseltä punaisiin valoihin. (Copenhagenize 2014)



Kuva 23. Liikennevalojen vaihtumisaika Frederiksbergissä Kööpenhaminassa. (kuva Colville-Andersen 2013)

2.8 Suunnitelmia ja strategioita kaupungeissa

Seuraavassa käsitellään tämän työn kohdekaupunkien: Oulun, Rovaniemen, Kokkolan ja Joensuun pyöräilyyn kohdistuvia ja vaikuttavia strategioita, suunnitelmia ja tutkimuksia. Lopuksi tarkastellaan muutamia uusia kokeilukäytössä olevia innovaatioita maailmalta.

2.8.1 Oulu, maailman paras talvipyöräilykaupunki

Oulun kaupunki laati vuonna 2011 suunnitelman ”Oulu, maailman paras talvipyöräilykaupunki, toimintasuunnitelma 2011–2014”. Tämän hankkeeseen kytkeytyen Oulu sai Motivan rahoitusta vuonna 2013 hankkeelle ”Oulun seutu ympärivuotisen pyöräilyn malliksi”. Näiden hankkeiden tarkoituksena oli (Motiva 2013)

- lisätä ympärivuotisen pyöräilyn määrää Oulun seudulla,
- parantaa asukkaiden hyvinvointia kannustamalla ympärivuotiseen pyöräilyyn sekä parantaa pyöräilyn olosuhteita Oulun seudulla,
- nostaa pyöräilyn ja kävelyn arvostusta liikkumismuotoina eri kohderyhmien piirissä ja
- saada aikaan positiivista toimintaa pyöräilyn ja kävelyn ympärille.

Oulussa on jo pitkä tausta pyöräliikenteen kehittämiseen, sillä ensimmäinen pyöräliikenteen kokonaissuunnitelma valmistui vuonna 1972. Oulun yhtenäisestä ja kattavasta pyöräverkosta on kiittäminen vuoden 2015 vuoden pyöräilijäksi valittua Mauri Myllylää. Oulussa alle viiden kilometrin matkoilla polkupyörä on nopein kulkuväline. (Hirvonen 2015)

Myllylän (2015) mukaan näkemys eli sisäistynyt mielikuva on kestävämpää perua kuin visio ja sanana sanovampi. Näkemys on henkilökohtaisempi ja syvällisempi ilmaus, joka voi lähestyä ideologista ja jopa uskonnollista ajattelua. Kävelyn ja pyöräilyn edistämisessä turvauduttiin näkemykseen, kunnes hallitusneuvos Irja Vesanen-Nikitin sanoi 2001–2004 toimineen Jaloin -hankkeen koordinaattorille Mauri Myllylälle: ”Ministeriö ei tue kevyen liikenteen kehittämistä, ellet voi todistaa sen hyötyjä yhtä tarkalla tavalla kuin autoliikenteen hankkeen hyöty-kustannus lasketaan.”

1960 -luvulla autoliikenteen kasvuun varautuessa Oululle tilattiin autoliikenteen ennuste ja päätieverkkosuunnitelma. Amerikkalainen insinööritoimisto Wilbur Smith & Polvinen laati Oululle ensimmäisen autoliikenteen suunnitelman vuosina 1967 – 1969. Sen seurauksena kävely ja pyöräily tunnustettiin tasa-arvoisiksi liikennemuodoiksi muiden liikennemuotojen rinnalla. Samalla tajuttiin kokonaisvaltaisen kaupunkisuunnittelun merkitys ja ymmärrettiin, että kävelyn ja pyöräilyn olosuhteet määräytyvät pitkälle autoliikenteen suunnittelun ja kaavoituksen yhteydessä. (Myllylä 2012)

Maailman ensimmäinen talvipyöräilykongressi pidettiin Oulussa 13.–14.2.2013. Paikalle oli saapunut noin 140 aktiivista pyöräilyn edistäjää eri puolilta maailmaa: Suomen, Ruotsin ja Norjan lisäksi Keski-Euroopasta ja Pohjois-Amerikasta. Kaksipäiväisessä tapahtumassa pidettiin yli 20 esitelmää, joiden aiheina oli mm. talvipyöräily ja maankäyttö, kunnossapito,

talvipyöräilyn turvallisuus ja terveysvaikutukset, talvipyöräilyn olosuhteet eri kaupungeissa, talvipyöräilyn varusteet ja palvelut. (Tie ja liikenne 2/2013)

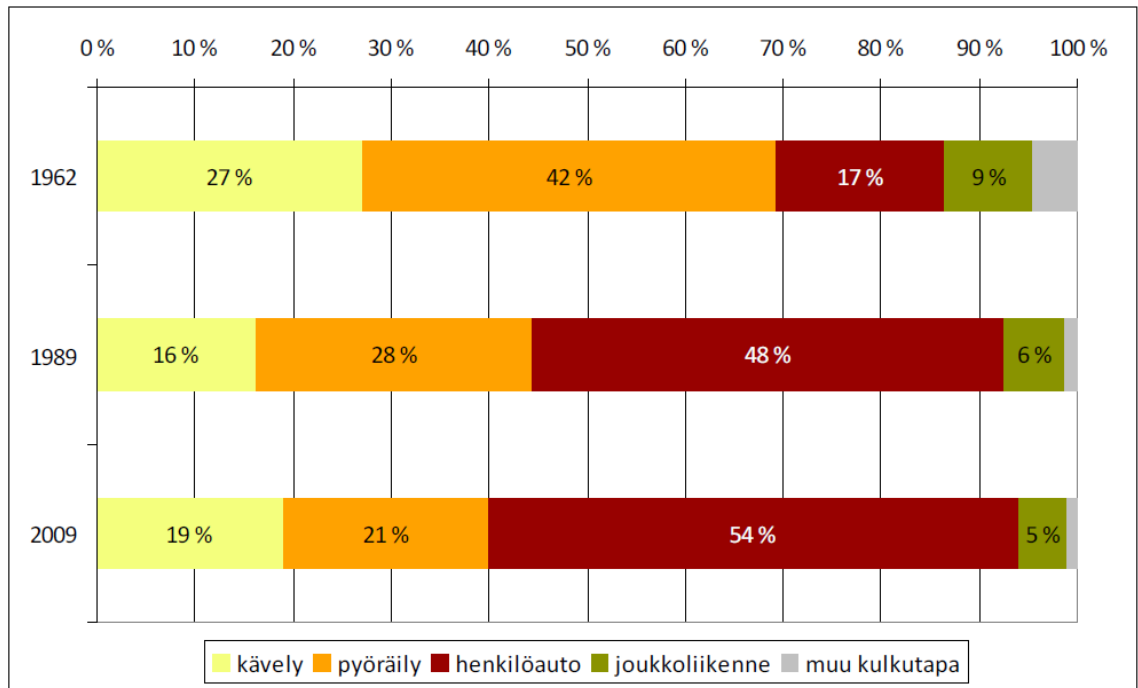
Navico Oy:n tekemän tutkimuksen mukaan Oulu on maailman paras talvipyöräilykaupunki. Arvostelukriteereinä käytettiin termisen talven pituutta kaupungissa, talvipyöräilijöiden osuutta asukkaista, pyörätieverkoston pituutta ja pyöräilymatkojen pituutta asukasta kohti.



Kuva 24. Pyöräilyä maailman parhaassa talvipyöräilykaupungissa Oulussa. (kuva Pekka Tahkola)

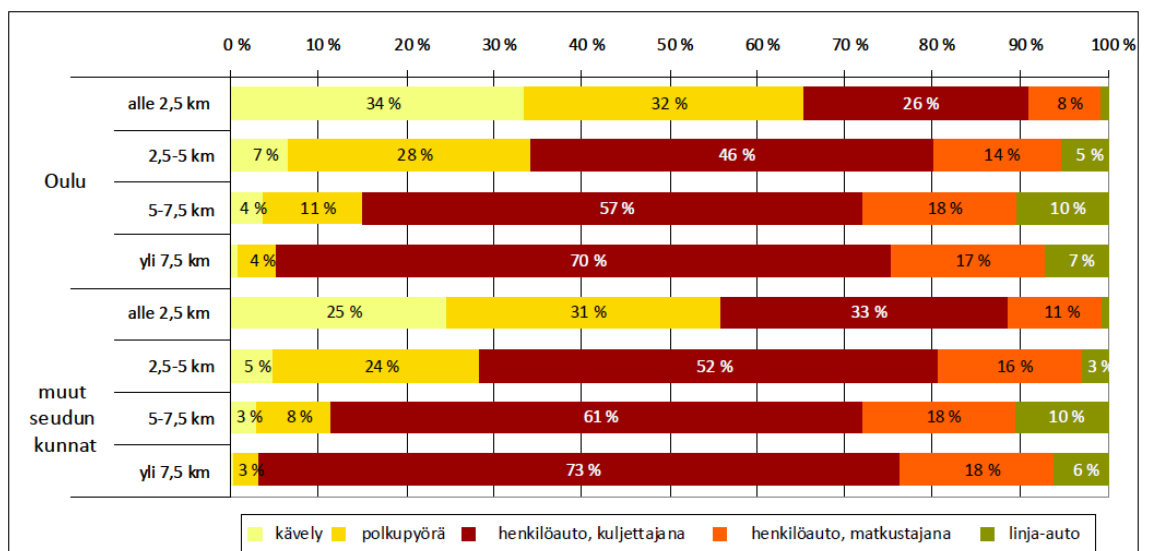
Oulun seudun liikennejärjestelmäsuunnitelma valmistui toukokuussa 2015. Suunnitelmassa laadittiin uuden liikennepolitiikan mukainen liikennestrategia ja sitä toteuttava kehittämisohjelma Oulun seudulle. Lisäksi siinä tunnistettiin maankäytön ja liikennejärjestelmän vuorovaikutuksen kannalta oleelliset kysymykset Oulun seudulla ja muodostettiin yhteinen priorisoitu näkemys edunvalvontaa edellyttävistä toimenpiteistä. Suunnitelman mukaan tavoitteena on keskeisellä kaupunkivyöhykkeellä kasvattaa kulkutapaosuutta liikumisen laatuikäytävillä toteuttamalla laaja kävely- ja pyöräilyvyöhyke sekä parantaa keskuksen saavutettavuutta pyörällä, keskusta-alueen läpikulkuyhteyksiä ja pyöräilyn palveluita keskustavyöhykkeellä. (Oulun kaupunkisuunnittelu 2015b)

Kuvassa 25 on pyöräilyn kulkutapaosuuksien vertailut Oulun kaupungissa vuosina 1962, 1989 ja 2009. Jalankulun ja pyöräilyn kulkutapaosuuden laskeminen johtuu Oulun seudulla työssäkäyntialueen laajenemisesta, autoistumisesta ja taajamarakenteen kasvusta aiheutuvien matkojen pitenemisen myötä. (Kalenoja & Kiiskilä 2010))



Kuva 25. Pyöräilyn kulkutapaosuuden kehitys Oulun kaupungissa.

Kuvassa 26 on kuvattu kulkutapajakauma vaihtelua eripituisilla matkoilla. Oulussa tehdään alle 2,5 kilometrin mittaisista matkoista kävellen tai pyöräillen noin kaksi kolmasosaa ja Oulun seudun muissa kunnissa hieman yli puolet. Polkupyörän osuus 2,5–5 kilometrin mittaisilla matkoista säilyy vielä melko suurena – Oulussa 28 % ja muissa kunnissa 24 %. Yli 5 km:n mittaisilla matkoilla pyöräilyn osuus vähenee selkeästi ja henkilöauton sekä joukkoliikenteen kulkutapaosuudet nousevat. (Kalenoja & Kiiskilä 2010)



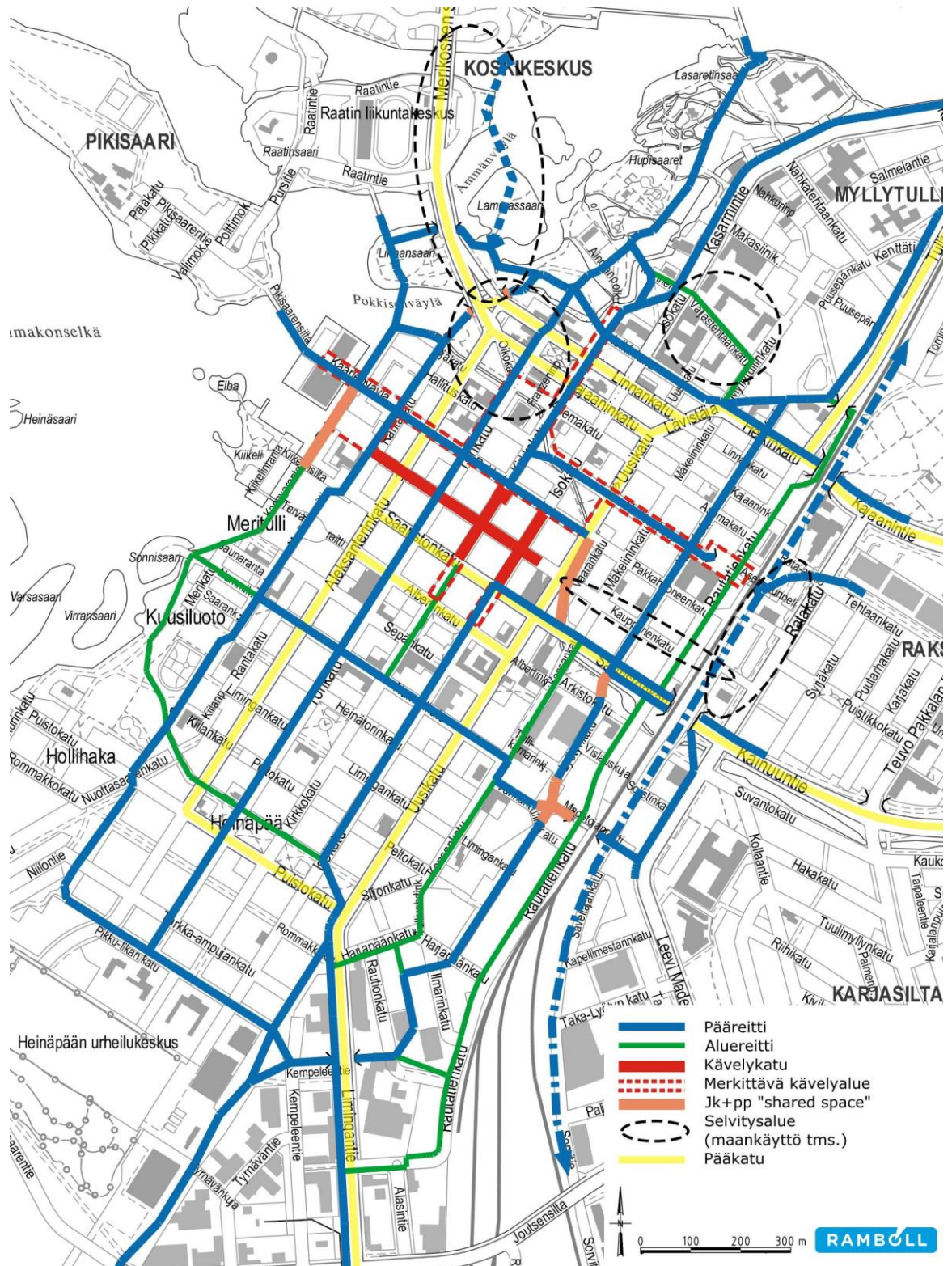
Kuva 26. Kulkutapajakauma eripituisilla matkoilla Oulussa ja seudun muissa kunnissa asuvilla.

Uuden Oulun yleiskaavan (Sito Oy 2015) tavoitteena on maankäyttöä kehittämällä nostaa kävelyn ja pyöräilyn määriä. Tämä toteutetaan edistämällä lähipalveluiden säilymistä ja kehittymistä, pyöräilyn laatukäytäviä ns. nopeita pyöräily-yhteyksiä, kävelyn ja pyöräilyn liikenneturvallisuutta, reittien viihtyisyyttä ja houkuttavuutta sekä pyöräpysäköintiä, pyöräilypalveluita ja kävelypainotteisuutta keskustassa ja keskuksissa. Kuvassa 27 on hyvä esimerkki Oulun laadukkaasta pyöräilyväylästä keskustan tuntumassa.



Kuva 27. Kainuuntien viereinen yhdistetty jalkakäytävä ja pyörätie. (kuva Erkki Kauppinen)

”Pyöräilyn ja kävelyn kehittäminen Oulun keskustassa” – kehittämissuunnitelmassa (Oulun kaupunki 2015) määritetään Oulun keskustassa pyöräilijöiden ja jalankulkijoiden tarpeisiin parhaiten soveltuvat kadut, väylät sekä puisto- ja viheralueet. Tavoitteena on, että kaikkiin keskustan kohteisiin pääsee helposti kävellen ja pyörällä, ja pyörän pitää voida pysäköidä pysäköinnin kesto huomioiden laadukkaasti ja lähelle kohdetta, kuva 28. Toimenpiteillä haetaan uutta nostetta Oulun arvostukselle Suomen merkittävänä pyöräilykaupunkina.



Kuva 28. Oulun keskustan pyöräilyn tavoiteverkko, merkittävät kävelyalueet, selvitysalueet ja autoliikenteen pääkadut. (Oulun kaupunki 2015)

Oulun liikennevalojärjestelmän visiona ja tavoitteina vuodelle 2020 on painotettu kevyen liikenteen ja joukkoliikenteen sujuvuutta. Kävelyn, pyöräilyn ja erityisryhmien kulkua lii-

kennevaloissa helpotetaan liittymissä olevien ilmaisimien ja käyttäjien omien tunnistuslaitteiden avulla. Kävelyn ja pyöräilyn liikennevaloviivytyksiä on tarkoitus vähentää ja turvallisuutta lisätä erityisesti Oulun keskustassa vuoden 2005 tasosta. Toteuttamiskeinoina mainitaan liikennevalojen kiertoajan lyhentäminen, suojatievihreän saaminen kiinteällä pyynnöllä ja pysäytysviivojen merkintä 4-6 metrin etäisyydelle suojatiestä monikaistaisilla tulosuunnista vilkkailla suojateilla. (Oulun kaupunki 2006)

2.8.2 Rovaniemi, "vaarallinen" pyöräilykaupunki

Rovaniemi poikkeaa projektin muista kaupungeista siten, että kaupungin pyöräilyreiteillä on suuria korkeuseroja. Ounasvaaralla suurin korkeusero on noin 140 metriä, joten sieltä löytyy myös haastavia maastopyöräilyreittejä niitä haluaville, kuva 29.



Kuva 29. Ounasvaaran Bike Park Rovaniemellä. (kuva <http://kesa.ounasvaara.fi/kona-bike-park/>)

Vuonna 2012 hyväksytyssä Rovaniemen liikennejärjestelmäsuunnitelman (Rovaniemen liikennejärjestelmä 2030) visiossa pyritään liikennejärjestelmään, jossa liikkumistarvetta pyritään vähentämään erityisesti maankäytön kehittämisen keinoin. Uusi asutus, työpaikka-alueet ja palvelut sijoitetaan siten, että kävelyn, pyöräilyn ja joukkoliikenteen käytön suhteellinen osuuden kasvuun syntyy mahdollisuus. Tavoitteena on vähentää autoilun osuutta ja lisätä kävelyn, pyöräilyn ja joukkoliikenteen osuutta päivittäisessä liikkumisessa kaikilla matkoilla kaupungin keskeisillä alueilla. Tavoitteena on kasvattaa kävelyn, pyöräilyn ja joukkoliikenteen yhteistä kulkumuoto-osuutta 20 % vuoteen 2030 mennessä nykyisestä Rovaniemen keskeisillä alueilla. Välitavoitteena on kasvattaa kulkutapaosuutta 10

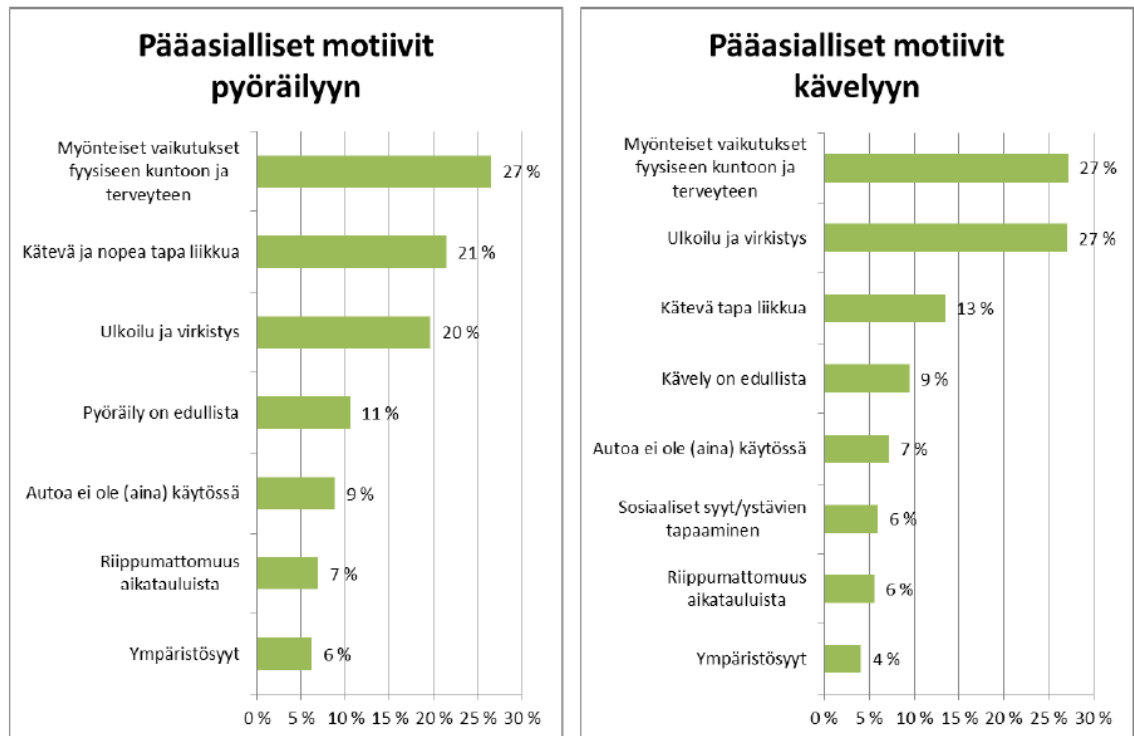
% nykyisestä vuoteen 2022 mennessä, kun lähtötasona pidetään keväällä 2012 tehtävien liikennetutkimusten tuloksia. (Liidea 2012)

Pyöräilyvyöhykkeellä ja pyöräilyn runkoreiteillä painotetaan pyöräilyn sujuvuuden ja turvallisuuden ympärivuotista turvaamista. Tavoitteena on väylien luokittelu ja palvelutasotavoitteiden asettelu luokittain koskien väylien jatkuvuutta ja laatutasoa. Pyöräiteitä kehitetään siten, että pyöräilyn sujuvuus paranee turvallisuuden kärsimättä. Pyöräiteiden luokille asetetaan selkeät kehittämisen kriteerit, jotka huomioivat pyöräilijöiden lisäksi kaikki muut väylien käyttäjäryhmät. Pyöräiteiden kunnosta pidetään talvellakin huolta niin, että ne ovat pyöräilyn mahdollistavassa kunnossa aamusta asti. Auraustilanteen reaaliaikaiseen informoimiseen kehitetään menetelmä. (Liidea 2012)



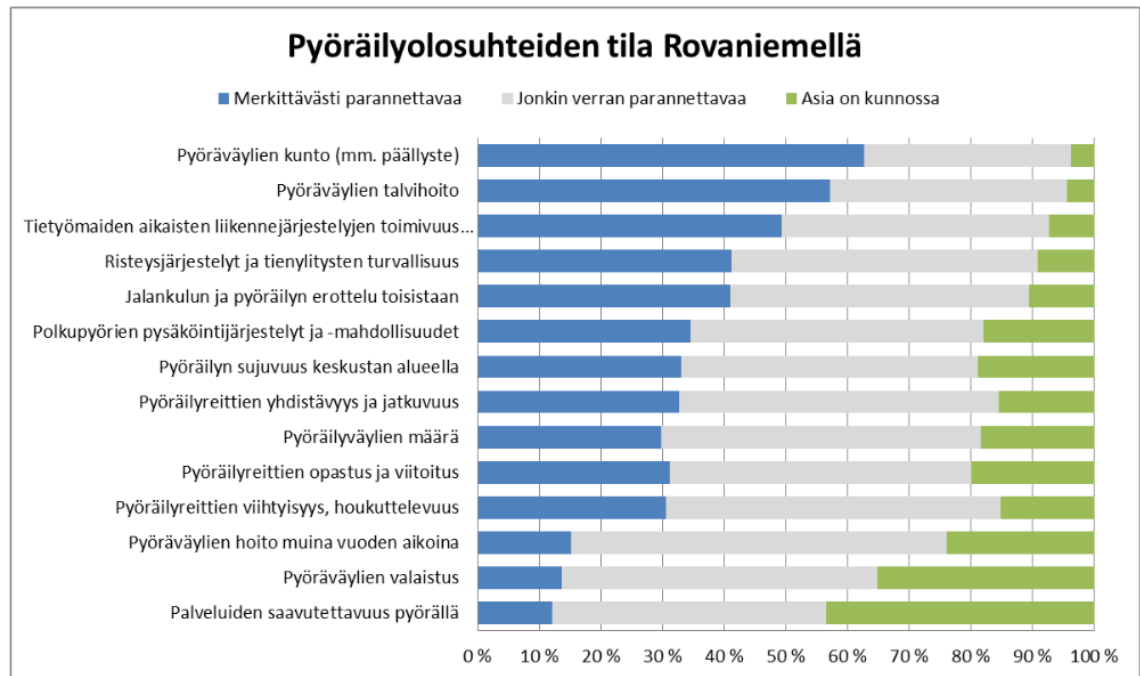
Kuva 30. Lumikaan ei estä Joulupukin pyöräilyä. (kuva Sami Kero, tavarafillari.fi)

Rovaniemellä on laadittu vuoden 2015 alusta lähtien kävelyn ja pyöräilyn kehittämissuunnitelmaa, jonka tavoitteena on kasvattaa alueella asuvien ja toimivien kävelyn ja pyöräilyn osuutta päivittäisessä liikkumisessa. Nykytilan tarkastamiseksi asukkaille ja muille paikallisille toimijoille toteutettiin laaja suunnattu kysely kävelyn ja pyöräilyn olosuhteiden nykytilasta ja kehittämistarpeista. Kyselyn tuloksena Rovaniemelle saatiin lähes 1600 kehittämiskohdetta. Kuvassa 31 on asukkaiden esittämiä motiiveja pyöräilyyn (Rovaniemi 2015, Heltimo 2015)



Kuva 31. Asukaskyselyyn vastanneiden motiivit pyöräilyyn ja kävelyyn. (Heltimo 2015)

Asukkaiden näkemys jalankulun ja pyöräilyn olosuhteiden nykytilasta on varsin selvä: jalankulku- ja pyöräilyväylien kunnolle ja talvihoidolle pitäisi tehdä jotain, tietöiden aikaiset liikennejärjestelyt tarvitsevat parannuksia ja tienylitysten turvallisuutta on lisättävä. Lisäksi asukkaat toivoivat myös jalankulun ja pyöräilyn selkeämpää erottelua toisistaan, pyöräpysäköinnin ja pyöräilyn sujuvuuden parantamista keskustan alueella. Kuvassa 32 on luokiteltu asukkaiden näkemyksiä pyöräilyolosuhteiden nykytilasta Rovaniemellä.



Kuva 32. Asukaskyselyn tuloksia. (Heltimo 2015)

Peräti 47 prosenttia asukaskyselyyn vastanneista kertoi joutuneensa onnettomuuteen tai vaaratilanteeseen kävellessä tai pyörällä liikkeessään. Yleisimmät syyt vaaratilanteen tai onnettomuuden syntymiseen olivat autoilijoiden suojatie- ja risteyskäyttäytyminen, pihoilta tai parkkipaikoilta pyörätielle tulevat autot, jalankulku- tai pyörätien liukkaus tai auraamattomuus.

Kävelyn ja pyöräilyn määrän lisäämiseen Rovaniemellä on kehittämistarpeista huolimatta kuitenkin runsaasti potentiaalia, sillä asukaskyselyyn vastanneista peräti 60 prosenttia kertoi lisäävänsä kävelyn ja pyöräilyn määrää nykyiseen verrattuna, jos olosuhteet paranisivat nykyisestä. Rovaniemen kävelyn ja pyöräilyn kehittämissuunnitelma valmistuu vuoden 2015 loppuun mennessä. (Rovaniemi 2015, Heltimo 2015)

2.8.3 Kokkola, vuoden pyöräilykunta 2011

Kokkolan kaupunginhallitus hyväksyi 9.12.2013 pyöräilykaupunkiohjelman, johon on kirjattu tärkeimmät toimenpiteet, joilla Kokkolan kaupunki on vuonna 2020 nykyistäkin viihtyisämpi ja elinvoimaisempi pyöräilykaupunki. Kokkolassa pyöräily on hyvä vaihtoehto päivittäisille matkoille töihin, kouluun ja harrastuksiin, koska 73 % kokkolalaisista asuu viiden kilometrin etäisyydellä kaupungin keskustasta. Ohjelmassa halutaan työnantajat mukaan työmatkapyöräilyn kehittämiseen, pyöräilyn näkyvyyttä halutaan lisätä ja siitä halutaan tehdä entistä turvallisempaa. Toimenpiteiden vaikutuksia seurataan ohjelmassa määritellyillä mittareilla. (Kokkolan kaupunki 2013)

Vuonna 2011 Suomi Pyöräilee -yhteistyövaliokunta valitsi Kokkolan kaupungin Vuoden 2011 pyöräilykunnaksi. Perusteena olivat pitkäjänteinen pyöräilyn olosuhteiden kehittäminen sekä erittäin aktiivinen kaupunkilaisten kannustaminen pyöräilyyn erilaisten tapahtumien ja kampanjoiden avulla. Kokkolan kaupunki järjestää pyöräilytapahtumia yhteistyössä alueen seurojen kanssa. Pyöräilytapahtumilla saadaan houkuteltua uusia harrastajia ja näin lisättyä pyöräilyä kaupungissa. (Kokkolan kaupunki 2013)

Kokkolan kaupunki on asettanut pyöräilykaupunkiohjelmassaan tehtäväksi seuraavat toimenpiteet:

- Kaupungin tärkeimmät pääreitit on tunnistettu laatukäytäviksi, joka kattaa kaupungin tärkeimmät yhteisvälit.
- Kunnossapitoa kehitetään liikennetarpeen näkökulmasta.
- Pyörätelineitä lisätään katualueelle, puistoihin, kiinteistöjen pihaan.
- Pyöräpysäköinnin vaatimukset lisätään asemakaavaan, rakennusluvan ehtoihin ja rakennusjärjestykseen.
- Valitaan kaupungin pyöräilymyönteisin työnantaja.
- Kokkolan kaupunki työnantajana kehittää työmatkapyöräilyä.
- Vahvaa tapahtumakulttuuria ylläpidetään, jatketaan, jalostetaan ja niiden tiedottamista kehitetään.
- Järjestetään uusia pyöräilytapahtumia: esim. kulttuuri-, matkailu-, historiateemalla.
- Järjestetään kampanjoita väistämässäännoista ja pyöräilykypärän käytöstä.
- Valitaan pyöräilytyöryhmä viemään eteenpäin edellä mainittuja toimenpiteitä ja seuraamaan tavoitteiden toteutumista.

2.8.4 Joensuu, vuoden pyöräilykunta 1999 ja 2014

Joensuu on voittanut vuoden pyöräilykunta-tittelin vuosina 1999 ja 2014. Perusteena vuoden 2014 palkinnolle oli määrätietoinen pyöräilyolosuhteiden kehittäminen ja kunnianhimoinen ote pyöräilyn edistämisessä. (Poljin 2014)

Vuoden 2014 keväällä Joensuussa käynnistyi neljä vuodenaikaa –hanke, jonka puitteissa oli myös talvipyöräilykampanja. Talvipyöräilykampanjaan valittiin 15 talvipyöräilyagenttia, jotka jakoivat kokemuksiaan talvipyöräilystä kuvin, sanoin ja videoin facebookissa ja blogissa läpi talven 2014–2015. (Ansio 2015)

Joensuussa on hyödynnetty myös Maailman terveysjärjestön keittämää HEAT-työkalua (Health Economic Assessment Tools for walking and for cycling). Tällä työkalulla saadaan taloudellinen näkökulma kävelyn ja pyöräilyn terveysvaikutuksista. Joensuun laskennat tehtiin 10, 20, 30 ja 40 prosentin nousuille kävely- ja pyöräilymäärien nykytasosta. Laskentakso oli kaikissa tilanteissa sama, vuodesta 2014 vuoteen 2030, joka oli samalla Joensuun kaupungin osayleiskaavan aikajänne. Kävely- ja pyöräilymäärien kasvu tuottaa ter-

veyshyötyjä, joille voidaan arvioida vuosittaiset kokonaissäästöt. 20 prosentin kasvu pyöräilyn määrässä tuottaisi lähes neljän miljoonan euron vuotuiset hyödyt ja vuonna 2030 kokonaishyötyjen summa olisi noin 46 miljoonaa euroa. Kävelijöiden vastaavalla kasvulla saataisiin kuuden miljoonan edestä terveyshyötyjä. (Airaksinen & Ansio 2014)

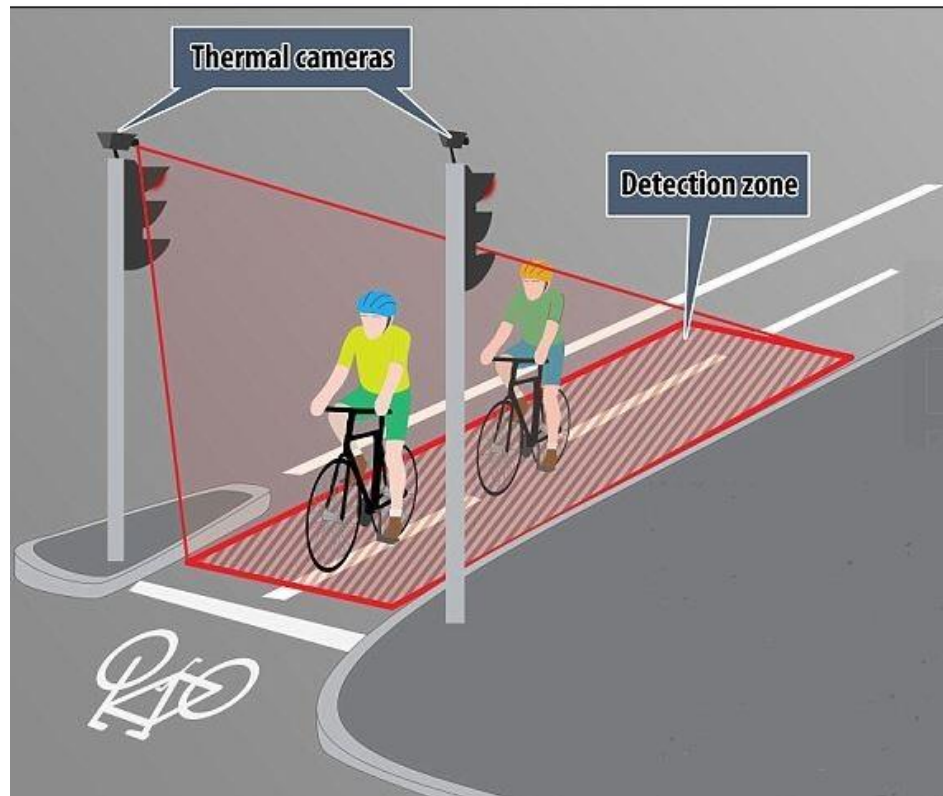
Painopisteinä Joensuun seudun vuonna 2012 valmistuneessa kävelyn ja pyöräilyn strategiassa ovat motivointi, reittien selkeys ja suoruus ja liikennejärjestelmän toimivuus. Strategian tavoitteena on, että työmatkansa kävelevien ja pyöräilevien kuntatyöntekijöiden osuus kasvaa ja myös useampi koulu- ja opiskelumatkoista tehtäisiin kävellen, pyörällä tai joukkoliikenteellä. Lisäksi tavoitteena on loukkaantumiseen johtaneiden jalankulkija- ja pyöräilijäonnettomuuksien selkeä väheneminen ja ettei kuolemantapauksia tapahtuisi ollenkaan. (Joensuun kaupunki 2014)

Joensuun seudun vuonna 2007 laaditun ja vuonna 2013 päivitetyn liikennejärjestelmäsuunnitelman mukaan pyöräilyn olosuhteita tulee parantaa puuttumalla myös autoilun palvelutasoon. Sujuvilla pyöräily-yhteyksillä yhdistetään tiedepuisto, tori ja uusi Nikolaintori. Lisäksi pyöräpysäköintiä uudistetaan ja kävelykeskustaa laajennetaan. Työpaikat kannustavat työmatkapyöräilyyn ja panostavat muihin pyöräilyä tukeviin toimenpiteisiin. (Sito Oy 2013)

2.8.5 Uusia kokeiluja maailmalta

Kööpenhaminassa on testikäytössä Green Wawe 2.0, jossa pyöräilijät tunnistetaan heidän lähestyessään risteystä. Jos viisi tai enemmän pyöräilijää lähestyy yhtä aikaa risteystä, valot pysyvät vihreänä kunnes he ovat ylittäneet risteuksen. Reaaliaikaisen mittaustiedon käyttö mahdollistaa vihreän aallon suunnan muuttamisen riippuen pyöräilijöiden todellisesta määrästä kumpaankin suuntaan. Reaaliaikainen tieto mahdollistaa myös päivittäiset päätökset kulkutapojen priorisoinnista esimerkiksi sadepäivinä, jolloin ihmiset todennäköisesti käyttävät mieluummin joukkoliikennettä. (Copenhagenize 2014, Ramboll Group)

Lontoossa kokeillaan parhaillaan uutta liikennevalotekniikkaa, jossa tutka ja lämpökameratunnistimilla arvioidaan pyöräilijöiden määrää risteyksissä (kuva 33). Jos pyöräilijöitä havaitaan paljon, liikennevalot pysyvät heille vihreänä pitempään. Tämä tarkoittaa toisen suunnan punaisen valon kestoajan pitenemistä. Tekniikka perustuu pyöräilijöiden ruumiinlämmön havainnointiin ja muotojen tulkintaan, jonka perusteella järjestelmä jättää huomioidatta risteyksestä poistuvat kävelijät ja pyöräilijät. Kokeilussa asennetaan myös tutka-järjestelmiä vaihtoehtoina lämpökameroille. Tavoitteena on saada koko järjestelmä käyttöön vuoden 2016 aikana. (Burrows 2015)



Kuva 33. Lontoossa 5.6. 2015 kokeilukäyttöön otettu lämpökameratunnistusjärjestelmä. (Burrows 2015)

Austinissa, USA:n Texasin osavaltiossa, kokeillaan puhelinsovellusta, jossa pyöräilijöiden havainnointi tapahtuu sovelluksen ja 24 eri liikennevaloihin asennettujen sensoreiden välisenä kommunikointina. Mitä enemmän sovelluksen käyttäjiä on, sitä herkemmin liikennevalot reagoivat vihreän valon vaihtamisella sovellusta käyttävälle pyöräilijälle. (Krcmar 2015)

Oulussa kokeiltiin vastaavantyyppistä GreenSurfer -nimistä sovellusta vuonna 2014, mutta sovellusta ei ole enää saatavilla. GreenSurfer välitti tiedot liikkujan sijainnista ja nopeudesta kahden palvelimen kautta liikennevalojen ohjausjärjestelmään. Sijainnin, nopeuden ja arvioitujen matka-aikojen perusteella sovellus vaihtoi liikennevalot vihreäksi taaten näin vihreän aallon mahdollisuuden sovelluksen käyttäjille.

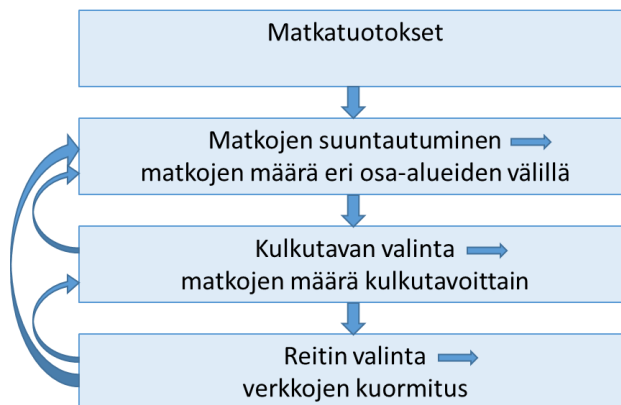
3. LIIKENNEMALLI

3.1 Liikenteen kysyntämallit

Liikennemalli on todellisten matkustusvalintojen yksinkertaistettu kuvaus nykytilanteen liikkumistottumuksista ja mallinnettu kysyntäarvio tulevien vuosien liikennetarjonnasta. Mallit olettavat matkustusvalintojen tapahtuvan samojen perusteiden (matka-ajan tai kustannusten) perusteella mukaan kuin nykyisin, eivätkä yleensä huomioi esimerkiksi arvostuksen ja ajankäyttötottumusten muutoksia. (Kalenoja et al. 2008)

Liikennemallit voivat olla yksinkertaisia matemaattisia malleja, joissa liikenteen kehitykseen vaikuttaa esimerkiksi vain edellisten ajanjaksojen kehitys. Toisaalta mallit voivat olla myös hyvin monimutkaisia useiden osamallien koostettuja mallijärjestelmiä.

Liikenne-ennusteet ja mallit pohjautuvat yleensä niin sanottuun neliporrasmalliin, jonka rakenne on kuvan 34 mukainen. Ensin määritellään tarve matkustaa ja sen jälkeen selvitetään, mihin matkat suuntautuvat. Seuraavassa vaiheessa valitaan kulkutapa ja lopuksi reitinvalintavaiheessa matkat sijoitetaan liikenneverkolle. (Kalenoja et al. 2008)



Kuva 34. Neliporrasmalli. (Kalenoja et al. 2008)

3.2 Liikenteen tarjontamallit

Liikennemallit rakennetaan yleensä liikennemäärien ennustamiseen tietyillä tarkastelualueilla tai pienemmillä osa-alueilla. Tutkimusaineiston perusteella muodostetaan matemaattisia malleja, joiden lähtöaineistona käytetään väestötietoja, työpaikkojen, koulujen, kauppojen ja muiden julkisten palvelujen sijoittumista. Simulointimenetelmillä arvioidaan usein liikenteen sujuvuutta.

Simuloinnilla voidaan tarkastella yksittäisiä ajoneuvoja ja muuta liikenneympäristöä, kuten liikennevalot ja muut ajoneuvot sekä näiden välistä vuorovaikutusta tietyllä hetkellä.

Suomessa yleisesti käytetty mallinnusohjelma Emme sisältää valmiin reitinvalinta-algoritmin ja muita mallijärjestelmän osia, joilla mallintaja voi vapaasti ohjata mallin käyttäytymistä. Malli on kuitenkin aina tekijänsä laatima, sillä mallinnusohjelma ei sisällä valmista mallia, vaan erilaisia työkaluja mallien laadintaan ja laskemiseen sekä tulosten esittämiseen. (Kalenoja et al. 2008)

3.3 Pyöräilyn liikennemalli

Pyöräilyn liikennemallin avulla voidaan arvioida erilaisten toimenpiteiden tai ympäristötekijöiden vaikuttavuutta esim. uusien pyöräilymatkojen syntymiseen tai kulkutapaosuuksien kehittymiseen. Liikennemallilla voidaan sijoittaa pyöräilymatkat liikenneverkolle, tarkastella pääreittien optimaalista sijaintia pyöräilymatkojen kannalta ja nopeiden pyöräreittien vaikutusta pyöräilymatkojen määrään ja liikennemuotojen keskinäiseen työnjakoon. (Vaarala 2011)

Liikennemalleja käytetään liikennehankkeiden välineinä liikenteen, ympäristön ja talouden vaikutusten laskennassa. Liikennemalleja voidaan käyttää arvioimaan tieverkon muutosten, julkisen liikenteen, väestön ja työpaikkojen sijoittamisen ja liikenteen tavoitteiden kokonaisvaikutuksia. Liikennemallit ja liikenteen simulointimallit mahdollistavat liikenteen kehityksen arvioinnin suhteessa moottoriajoneuvoihin, julkiseen liikenteeseen, pyöräilijöihin ja jopa seurauksia jalankulkijoille. (Cycling Embassy of Denmark 2012)

Inayathusein & Hollander 2013 esittivät kymmenen haastetta pyöräilyn mallintamisessa:

1. Viime vuosina havaitut muutokset infrastruktuurissa eivät selitä kysynnän kehitystä.
2. Reitin valintakäyttäytymistä ei ole täysin ymmärretty.
3. Reitin valinnan parametreja ei ole koodattu malleihin.
4. Selittäviä muuttujia koskevia tietoja ei kerätty perinteisesti.
5. Kulutavan valintakäyttäytyminen on ristiriidassa matka-aika paradigman kanssa.
6. Kulutavan valinta perustuu sellaisiin perusteisiin, joita käytettävä malli ei sisällä.
7. Pyöräilyn määrä on pieni, jolloin ennustemallit ovat alttiita suurille virheille.
8. Kausivaihtelun ja sään vaikutukset ovat merkittäviä.
9. Pyöräilyn kysynnästä ei ole riittävästi historiatietoja, koska tiedonkeruuta ei ole standardisoitu aiemmin.
10. Huomattava osa uusista pyöräilymatkoista on vapaa-ajan matkoja, jolloin kokonaiskysyntää on vaikea ennustaa.

Taulukossa 3 on Gupta & Vovshanin (2014) esimerkki LOS laskennasta alkuperäisillä parametreilla. Yhden kilometrin matka 10 km/h nopeudella kestää kuusi minuuttia, kun matkalla ei ole viiveitä aiheuttavia tekijöitä. Eri tekijöiden vaikutuksesta matka kestää kuitenkin 1,23625 kertaisesti normaaliin esteettömään matkaan verrattuna.

Taulukko 3. Esimerkki polkupyörän palvelutasotekijöiden (BLOS) laskemisesta. (Gupta & Vovshan 2014)

Variables	Network Attribute		Bicyclist		
	Units	Value [A]	Effect	Multiplier [B]	[A] × [B]
Link-Level					
Bicycle Lane (yes/no)	N/A	0	Decrease	-1.12	0
Sharrow Lanes	N/A	1	Decrease	-0.5	-0.5
Bike Lane Width	Feet	5	Decrease	-0.4	-2
Curb Lane Width	Feet	10	Decrease	-0.0498	-0.498
Traffic Speed	kph	35	Increase	0.01375	0.481
Curb Lane Volume	Vph	600	Not Good	0.002	1.2
Other Lane Volume	Vph	1200	Not Good	0.0004	0.48
Parking Lane (yes/no)	N/A	1	Increase	0.506	0.506
% Heavy Vehicle Volume	Ratio	15	Increase	0.034	0.51
Frequency of driveways	N/A	3	Increase	0.019	0.057
Pavement Condition (good/bad)	0-4	0	Increase	0.05	0
Node-Level					
Signal	N/A	1	Increase	0.011	0.011
LOS					0.23625
Free Flow Travel Time (FFTIME)	mins				6
Delayed Travel Time (FFTIME × (1+LOS))	mins				7.48

3.4 Mallintamisen työkalut

Simulointimallit voidaan jakaa makro- ja mikrosimulointiin. Makrosimuloinnissa liikenne mallinnetaan makroskooppisten ominaisuuksien, kuten liikennemäärän ja tiheyden sekä nopeuden avulla yhtenä kokonaisuutena. Mikrosimuloinnissa jokaisella ajoneuvolla on yksilölliset ominaisuudet ja reitti verkolla. Tämä mahdollistaa yksittäisten ajoneuvojen ja näiden toimintojen mallintamisen tieverkolla.

Yleisimpiä simulointiohjelmia Suomessa ovat Emme, Vissim, Paramics ja Synchron/SimTraffic

Makrosimulointiohjelma Emme

Alun perin 1970-luvun loppupuolella Montrealin yliopistossa liikennetutkimusryhmässä kehitetyllä Emme -tietokoneohjelmalla voidaan laskea liikenneverkossa tapahtuvan liikenteen sijoittuminen verkon väylille. Emme -lyhenne saadaan sanoista "Equilibre Multimodal, Multimodal Equilibrium. Emme/2 on 1980-luvun alkupuolella kehitetty toinen versio ohjelmasta. Vuodesta 1986 lähtien ohjelman kehittämisestä ja teknisestä tuesta on vastannut INRO Consultants Inc. (INRO 1998)

Liikenneverkko mallinnetaan ohjelmaan solmupisteinä ja niiden välisinä linkkeinä. Solmupisteet ovat risteyksiä, linkit näiden välisiä väyliä eli katuja, pyöräteitä tai suojateitä.

Solmupisteitä voidaan merkitä tarvittaessa muualle kuvaamaan erikoista nopeutta hidastavaa häiriöpistettä, kuten tiukkaa mutkaa tai mäkeä. Pyöräilijöitä tulee ja poistuu pyörätieverkosta aina solmupisteiden kautta. Pyöräilijöiden määrä eri pisteiden välillä perustuu tilastotietoon, jonka pohjana ovat asukas-, työpaikka- ja asiointikohteiden määrät.

Mikrosimulointiohjelmat Vissim, Paramics ja Synchro/SimTraffic

Vissim on erittäin pitkälle kehitetty kaupunki- ja maantieliikenteen mikrosimulointiohjelma, jota käytetään usein risteyskiesuunnittelussa, esimerkiksi tarjoamalla kuva nykyisistä ja tulevista liikennevirroista. Mallien avulla on mahdollista arvioida liikenteen rakennushankkeiden kustannuksia ennen niiden aloittamispäätöstä. Simulointimallit antavat mahdollisuuden myös analysoida seurauksia pyöräilijöille, kuten esimerkiksi matka-aikaa ja viivästyksiä. (Cycling Embassy of Denmark 2012, Ramboll 2015)

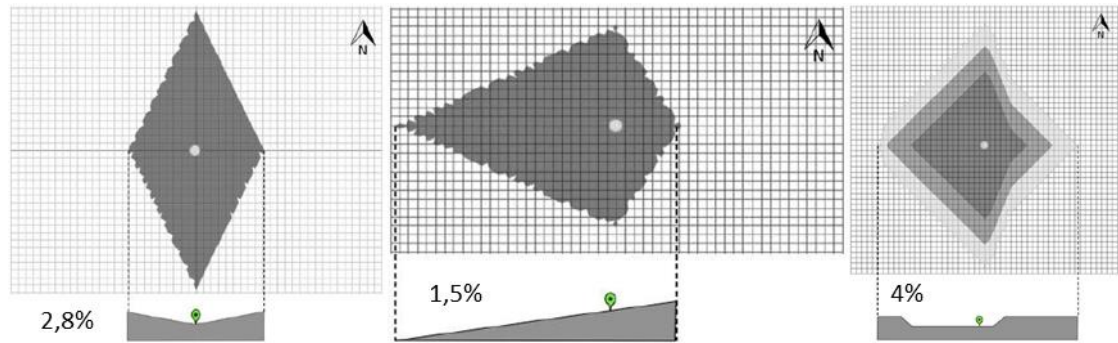
Paramics on laajojen ja monimutkaisten verkkokokonaisuuksien mallintamiseen soveltuva, erittäin pitkälle kehitetty mikrosimulointiohjelma. (Ramboll 2015)

Synchro/SimTraffic on erityisesti liikennevalojen mallintamiseen ja pienten kohteiden toimivuustarkasteluihin soveltuva mikrosimulointiohjelma. (Ramboll 2015)

3.5 Saavutettavuus - Bikeshed Analysis

Liikenneverkon keskeisin tehtävä on tuottaa saavutettavuutta, mikä tarkoittaa liikkumisen tai kuljettamisen mahdollisuutta (Antikainen et al. 2012). Vaismaan (2014) mukaan monet tutkimukset osoittavat, että ihmisten liikkumistottumuksiin vaikuttavat asuin ympäristön sijainti ja saavutettavuus.

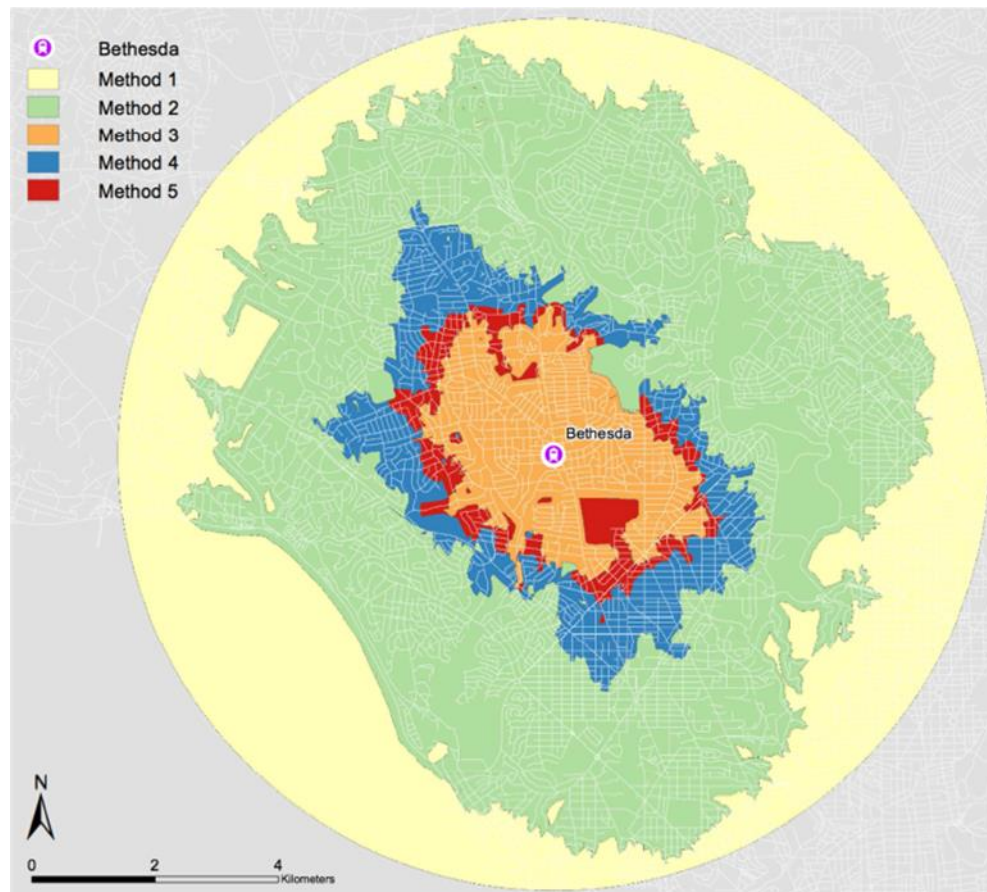
Bikeshed Analysis -menetelmä perustuu pyöräilyyn kuluvaan energiaan, jossa huomioidaan maaston topografian erojen vaikutukset. Menetelmän periaatteena on muodostaa saavutettavuusalueita, jotka voidaan tietyllä energiamäärällä polkupyörällä tavoittaa. Kuvassa 35 on esimerkkejä erilaisista saavutettavuusalueista. Laskennallisina arvoina käytettiin pyöräilijän ja pyörän massana 80 kg ja pyöräilynopeutena 4 m/s. Vasemmanpuoleisessa kuvassa harmaalla alueella olevasta keskipisteestä pohjoiseen ja etelään päin mennessä on tasaista, mutta länteen ja itään päin mennessä on 2,8 % nousua. Kuvasta 35 nähdään, kuinka pitkälle päästään eri ilmansuuntiin samalla energiamäärällä. Keskimmäisessä kuvassa pohjoiseen ja etelään päin mennessä on tasaista, mutta itään päin mennessä on 1,5 % nousu ja länteen päin mennessä 1,5 % lasku. Oikeanpuoleisessa kuvassa pohjoiseen, länteen ja etelään päin on tasaista, kun itään päin mennessä on edessä 4 % nousu. (Iseki & Tingstrom 2013)



Kuva 35. Bikeshed Analysis – menetelmän periaatekuvia. (Iseki & Tingstrom 2013)

Polkupyörämatkojen mallintamisessa on usein hyödynnetty energiankulutusta matkavastusta kuvaavana muuttujana pyöräilijän matka-ajan tai matkan pituuden sijasta. Energiankulutuksessa huomioidaan pyörätien kaltevuus, pyöräilyn nopeus, pyörän ja pyöräilijän massa, tuulen nopeus, ilmanvastus ja renkaan vierintävastus.

Bikeshed Analysis -menetelmässä määritettiin saavutettavuutta viidellä eri tavalla, joista kahdessa ensimmäisessä käytettiin etäisyyttä. Ensimmäinen menetelmä käyttää suoraa viivaa eli linnuntie-etäisyyttä. Toinen menetelmä käyttää katuverkon etäisyyksiä välittämättä mäkien vaikutuksia. Näissä kahdessa ensimmäisessä perinteisessä menetelmässä käytettiin etäisyytenä 7,08 km. Kolmessa muussa menetelmässä saavutettavuutta arvioitiin 50 000 J kulutuksen perusteella. Tämä 50 000 J vastaa tasaisessa maastossa ajettua 7,08 km matkaa. Kolmannessa menetelmässä laskettiin energiankulutus kullakin tieosuudella huomioiden kaikki mäet riippumatta ajosuunnasta, jolloin kaikki mäet laskettiin ylämäkinä. Neljännessä menetelmässä huomioidaan mäkien kaltevuuden lisäksi myös niiden suunta. Alamäkeen mentäessä pyöräilijän ei tarvitse polkea säilyttääkseen oletetun nopeuden. Tämä johtaa pitempään saavutettavuusalueeseen. Viidennessä menetelmässä huomioitiin lisäksi energiankulutus risteyksissä. Risteyksissä pyöräilijä voi joutua pysähtymään ja jälleen kiihdyttämään nopeutensa matkanopeuteen, mikä kuluttaa ylimääräistä energiaa. Kuvassa 36 on esitetty näiden menetelmien saavutettavuusalueet Bethesdan metroasemalta eri suuntiin. (Iseki & Tingstrom 2013)



Kuva 36. *Bikeshed Analysis* -menetelmällä muodostettuja saavutettavuusalueita.
(Iseki & Tingstrom 2013)

4. TUTKIMUKSEN SUORITUS

Pyöräilynopeuteen ja reitinvalintaan vaikuttavat useat eri tekijät, joista osa on lyhytaikaisia tai hetkellisiä ja osa pitempiaikaisia tai pysyviä. Menomatkalla töihin saatetaan polkea hitaammin välttämällä näin hikeentymistä, kotimatalla nopeutta voi lisätä. Huonolla säällä voidaan pyrkiä mahdollisimman nopeasti määränpäähän, kun taas kauniilla säällä polkiessa voidaan samalla nauttia esteettisistä maisemista rauhallisella pyöräilynopeudella. Vaikka pyöräilynopeus ei olisikaan aina pyöräilijälle kulkutavan valinnassa tärkein tekijä, on pyöräilyn esteettömyyteen, turvallisuuteen ja viihtyvyyteen panostettava. Nämä panostukset vaikuttavat myös pyöräilymääriin ja –nopeuksiin.

Tässä työssä tutkittiin pyöräilyn reitinvalintaan ja nopeuteen vaikuttavia tekijöitä kirjallisuustutkimuksena ja suoritettiin lisäksi kenttätutkimuksia vertailutiedoiksi ja uusien havaintojen saamiseksi. Saatuja tutkimustuloksia voidaan hyödyntää pyöräiliikenteen mallintamisessa. Jokaiselle mallinnettavalle kaupungille tai kunnalle laadittavassa liikennemallissa voidaan ottaa huomioon ne parametrit, joilla on vaikutusta kyseisen kaupungin tai kunnan pyöräiliikenteeseen. Rovaniemen liikennemallissa otettiin käyttöön mäkisyyden vaikutus ajonopeuksiin ja reitinvalintaan. Muissa kaupungeissa tämä jätettiin huomiomatta kaupunkien tasaisuuden vuoksi. Tarvittaessa korkeuskäyrien tuonti muiden kaupunkien malleihin voidaan tehdä myöhemmin. Muutamien mäkien vaikutukset voidaan tehdä myös antamalla jyrkälle nousulle tai laskulle linkkityyppiä kuvaava viive- tai nopeusarvo. Sitä tarkempi liikennemalli saadaan, mitä enemmän parametreja ja niiden pohjalta muodostettuja funktioita käytetään liikennemallia rakennettaessa.

Pyöräilynopeuteen ja reitinvalintaan vaikuttavia tekijöitä ei ole tutkittu vielä kovin laajasti. Näitä tekijöitä ovat:

- risteykset ja liikennevalot
- reitin mäkisyys (topografia)
- energiankulutus
- väylätyyppi
- päällysteen pinta ja kunto
- reitin esteettisyys
- pyöräilijän ikä, sukupuoli ja pyöräilykokemus
- muu liikenne
- pyöräilymatkan pituus
- kaarresäde
- matkan tarkoitus
- kitka
- tuuli
- ilmanvastus

Tämän työn kenttätutkimuksissa kuvattiin risteyksiä videoille, joista mitattiin pyöräilijöiden kokonaisaikoja (odotus- ja ylitysaika) erityyppisten risteysten ylityksissä. Kokonaisyhtymäajoista pyrittiin löytämään yhteisiä parametreja, joista voitaisiin muodostaa kokonaisyhtymäaika kuvaava vaikutusfunktio. Lisäksi suoritettiin pistenopeusmittauksia erilaisilla väylillä keskusta-alueella ja keskustan ulkopuolella. Pistenopeusmittaukset suoritettiin nopeusnäyttötaululla ja Viacount –tutkalla. Tutkimuksen kohdekaupunkeihin tehtiin internet-kysely, jonka tarkoituksena oli selvittää pyöräilijöiden käyttäytymistä ja reitinvalintaan vaikuttavien tekijöiden merkityksellisyttä.

4.1 Pyöräilyn reitinvalintaan vaikuttavia tekijöitä

Pyöräilijöiden reitinvalintaan vaikuttavat tekijät ovat yksilöllisiä jokaisessa kaupungissa ja kunnassa johtuen erilaisesta pyöräverkosta ja topografiasta. Seuraavassa on ensin selvitetty reitinvalintaan liittyviä tekijöitä kirjallisuuden perusteella ja lopuksi kyselytutkimuksen perusteella tehtyjä havaintoja.

Liikenneviraston jalankulku- ja pyöräilyväylien suunnitteluohjeiden mukaan (Liikennevirasto 2014) arkipyöräilijöiden tärkeimmät reitinvalintaperusteet ovat reitin turvallisuus, matkanopeus, sujuvuus, suoruus ja selkeys. Reitinvalintaan vaikuttavia tekijöitä ovat myös reitin katkeamattomuus, pyörätien laatutaso, korkeuserot, esteettömyys, valaistus, ympäristö, päälyste, hoito, pysäköintimahdollisuudet sekä halu vaihdella reittiä.

Alankomaissa toteutetussa tutkimuksessa selvitettiin pyöräilijöiden reitin valintaan vaikuttavia tekijöitä Groningenissa ja Växjössä. Taulukossa 4 on esitetty pyöräilijöiden reitinvalintaperusteita. Växjössä etäisyys oli selkeästi suurin tekijä reitin valinnan perusteena. Groningenissa etäisyyden jälkeen tasaisena seurasivat nähtävyydet, matka-aika ja reitin miellyttävyys. (Van Schagen 1990)

Taulukko 4. *Pyöräilijöiden reitinvalintaan vaikuttavat ensisijaiset tekijät Alankomaiden Groningenissa ja Ruotsin Växjössä. (Van Schagen 1990)*

Ominaisuus	Groningen (n=966)	Växjö (n=978)
etäisyys	24 %	62 %
matka-aika	18 %	9 %
miellyttävyys	15 %	6 %
nähtävyydet	19 %	3 %
nousut	-	1 %
ruuhkaisuus	2 %	3 %
turvallisuus	1 %	4 %
muu	11 %	6 %
ei tiedossa	9 %	8 %

Ymmärtääkseen paremmin pyöräilijöiden reitinvalintapäätöksiä Hood et al. (2011) tutkivat pyöräilijöiden älypuhelimella kerättyä GPS – dataa. Tietoja kerättiin Cycle Tracks – sovelluksella. 12.11.2009 – 18.4.2010 välisenä aikana 1083 käyttäjää latasi älypuhelimensa sovelluksen ja heistä 952 lähetti vähintään yhden matkan tiedot. Kaikkiaan 7096 matkan tiedot saatiin talteen. 55 % matkojen tarkoituksista koski työmatkaa, 16 % asiointia, 10 % sosiaalisia matkoja, 9 % ostosmatkoja, 5 % työperäisiä, 3 % muita ja 1 % koulumatkoja. Havainnoista otettiin satunnaisotoksella 10 %, joista tehtiin erilliset arvioinnit ja määritettiin eri tekijöitä kuvaavat kertoimet (taulukko 5).

Taulukko 5. *Reitinvalinnan hyötyfunktion estimointitulokset. (Hood et al. 2011)*

Attribute	Coef.	Std. err.	i-stat.	p-value
Length (km)	-1.69	0.14	-11.80	0.00
Turns per km	-0.13	0.01	-12.15	0.00
Proportion wrong way	-13.50	0.67	-19.87	0.00
Proportion bike paths	1.89	0.31	6.17	0.00
Proportion bike lanes	2.15	0.12	17.69	0.00
Cycling freq. < several per week	1.85	0.04	44.94	0.00
Proportion bike routes	0.35	0.11	3.14	0.00
Average up-slope (m/100m)	-0.50	0.08	-6.35	0.00
Female	-0.96	0.22	-4.34	0.00
Commute	-0.90	0.11	-8.21	0.00
log (path size)	1.07	0.04	26.38	0.00

Kertoimet osoittavat, että pyöräilijät suosivat lyhempiä reittejä, jossa on vähemmän käännöksiä, ja eivät aja yksisuuntaista katuja väärään suuntaan ilman huomattavaa aikasäästöä. Reitin osuuksien eri muuttujat skaalataan samaan mittakaavaan, jolloin niiden suhteellinen osuus osoittaa tekijän vaikutuksen suuruuden. Pyörätien vaikutus (1.89) on suurempi ja poikkeaa merkittävästi keskimääräisestä yhdistettyjen pyöräteiden ja jalkakäytävien vaikutuksesta (0,35). Negatiiviset kertoimet keskimääräisestä ylämäestä ja vastaavista vuorovaiikutuksista osoittavat, että ylämäkien välttäminen on erityisen merkityksellinen naisille ja työmatkoilla. Millään muista verkon ominaisuuksista tai ympäristön muuttujista, jotka voitaisiin sisällyttää malliin, ei ollut tilastollisesti merkitsevää kerrointa. Myöskään muilla demografisilla tekijöillä ei ollut merkittävää vaikutusta.

Korkeuserot vaikuttavat pyöräilijän reitinvalintaan ja matkan pituuteen merkittävästi. Jo yhden metrin nousu 4 % kaltevuudella vastaa 10 metrin ja 8 % kaltevuudella vastaa 20 metrin lisämatkaa tasaisella osuudella alamäen keskimääräinen vaikutus huomioon ottaen. Eli jokainen 100 metrin matka 4 % ylämäkeen vastaa 140 metrin matkaa tasaisella ja vastaavasti 100 metrin matka 8 % ylämäkeen vastaa 260 metrin matkaa tasaisella. (Liikennevirasto 2014)

Broach et al. (2011) keräsivät vuonna 2007 Portlandin kaupunkialueella vastaavalla tavalla 162 pyöräilijän tallentamaa GPS – dataa yhteensä 1449 matkalta, joiden perusteella he saivat taulukon 6 mukaiset vaikutuskertoimet. Tämän tutkimuksen tulokset osoittavat samansuuntaisia tuloksia, vaikka kertoimet poikkeavatkin Hood et al. (2011) tuloksista. Kaupunkikohtaisia eroja syntyy helposti, koska infrastruktuuri on erilainen jokaisessa kaupungissa.

Taulukko 6. ReitINVALintamallin estimointitulokset. (Broach et al. 2011)

Variable	Est. coeff.	t-stat
Ln(distance)	-5.22	-10.9
Ln(distance) * commute	-3.76	-5.14
Turns (/mi)	-0.371	-15.4
Prop. upslope 2-4 %	-2.85	-4.57
Prop. upslope 4-6 %	-7.11	-6.11
Prop. upslope >= 6 %	-13.0	-8.57
Traffic signal exc. right turns (/mi)	-0.186	-5.73
Stop sign (/mi)	-0.0483	-2.10
Left turn, unsig., AADT 10-20k (/mi)	-0.782	-4.19
Left turn, unsig., AADT 20k+ (/mi)	-1.87	-4.70
Unsig. cross AADT >= 10k right turn (/mi)	-0.338	-2.32
Unsig. cross AADT 5-10k exc. right turn (/mi)	-0.363	-5.39
Unsig. cross AADT 10-20k exc. right turn (/mi)	-0.516	-5.39
Unsig. cross AADT 20k+ exc. right turn (/mi)	-2.51	-11.5
Prop. bike boulevard	1.03	5.17
Prop. bike path	1.57	4.64
Prop. AADT 10-20k w/o bike lane	-1.05	-3.02
Prop. AADT 10-20k w/o bike lane * commute	-1.77	-2.28
Prop. AADT 20-30k w/o bike lane	-4.51	-6.04
Prop. AADT 20-30k w/o bike lane * commute	-3.37	-2.24
Prop. AADT 30k+ w/o bike lane	-10.3	-4.67
Prop. AADT 30k+ w/o bike lane * commute	-8.59	-1.96
Bridge w/ bike lane	1.81	-4.71
Bridge w/ sep. bike facility	3.11	-4.96
Ln(path size)	1.81	20.78
Number of observations	1,449	
Null log-likelihood	-4058.7	
Final log-likelihood	-3020.0	
Rho-square	0.256	

Shen et al. (2014) tekivät kirjallisuustutkimuksen pyöräreitien valintaan vaikuttavista tekijöistä ja niiden odotetuista vaikutuksista pyöräilyyn (taulukko 7).

Taulukko 7. Pyöräreitinvalintaan vaikuttavia tekijöitä ja niiden odotettuja vaikutuksia. (Shen et al. 2014)

Tekijä	Odotettu vaikutus
Etäisyys	Lyhempi on parempi
Mäkisyys	Vähemmän on parempi
Kauttakulku	Enemmän kuin 800 m asemalta tai pysäkiltä on parempi
Ilman laatu	Olosuhteet, missä on vähemmän raskasta liikennettä on parempi
Pyöräily olosuhteet	Erilliset ja leveät pyöräilyväylät on parempia
Väylän laatu	Parempi kunto lisää käyttöä
Jalkakäytävä	Saatavuus ja laillinen käyttö on parempi
Käännös	Vähemmän käännöksiä ja risteyksiä on suositellumpi
Liikennevalo	Vähemmän on parempi
Liikennemäärä	Vähemmän liikennettä on suositeltavaa
Ajoneuvon nopeus	Matalampi on parempi
Pysäköinti	Vähemmän katupysäköintialueita matkalla suosii pyöräilyä

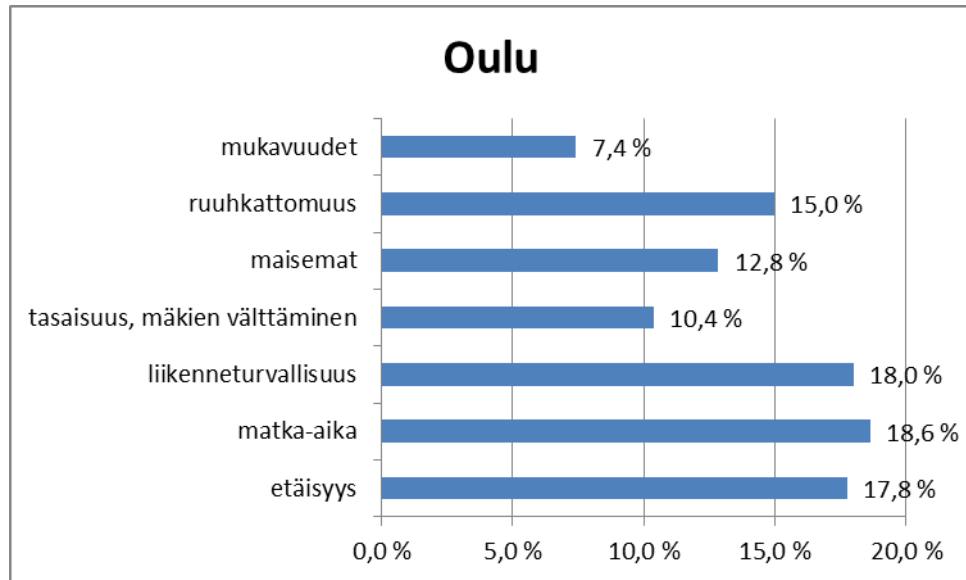
Tässä tutkimuksessa selvitettiin pyöräilijöiden reitinvalintaan vaikuttavia tekijöitä suorittamalla kysely, joka sisälsi kaksi tutkimustyyppiä, Revealed Preference (RP) ja Stated Preference (SP). RP tutkimus perustuu mittauksiin ja havaintoihin, kun SP perustuu käyttäjän omaan arviointiin. SP on yksinkertaisimmillaan tutkimus, jossa pyöräilijöitä pyydetään arvioimaan eri tekijöiden tärkeyden, kun monipuolisempi tutkimus voi ilmaista vaihtoehtoisten reittien valintaa. Esimerkiksi kaunis maisema voi saada pyöräilemään pitempää reittiä tai erillinen pyörätie pitkäkestoisempaa reittiä. Eli SP tutkimus sisältää reitinvalintamallin, joka tutkii tärkeiden tekijöiden merkitystä pyöräilijöiden reitinvalintakäyttäytymisessä. Tutkittuja tekijöitä ovat muun muassa etäisyys, matka-aika ja liikenneturvallisuus. Tutkimuksessa käytetty kyselylomake on liitteellä 1.

Taulukossa 8 on SP tutkimuksella tehty reitinvalintaan vaikuttavien tekijöiden tärkeysluokitus. Tutkimustulosten perusteella voidaan pisteyttää jokainen tekijä kertomalla tekijän merkityskertoimella annettujen arvostelujen määrä, jolloin saadaan seuraava taulukko:

Taulukko 8. Reitinvalintatekijöiden pisteytystaulukko Oulussa, vastaajien määrä 1553 kpl.

Tekijä	1	2	3	4	5	6	7	yhteensä
etäisyys	42	162	360	708	1185	2202	2590	7249
matka-aika	51	144	243	488	1225	2700	2751	7602
liikenneturvallisuus	21	132	441	820	1895	1302	2744	7355
tasaisuus, mäkien välttäminen	249	680	945	996	630	408	336	4244
maisemat	76	536	1098	1112	1060	774	588	5244
ruuhkattomuus	38	516	786	1304	1190	1428	854	6116
mukavuudet	880	606	333	336	255	222	392	3024

Kuvassa 37 on prosenttijakauma Oulun tuloksista.



Kuva 37. Reitinvalintatekijöiden prosenttijakaumat Oulussa

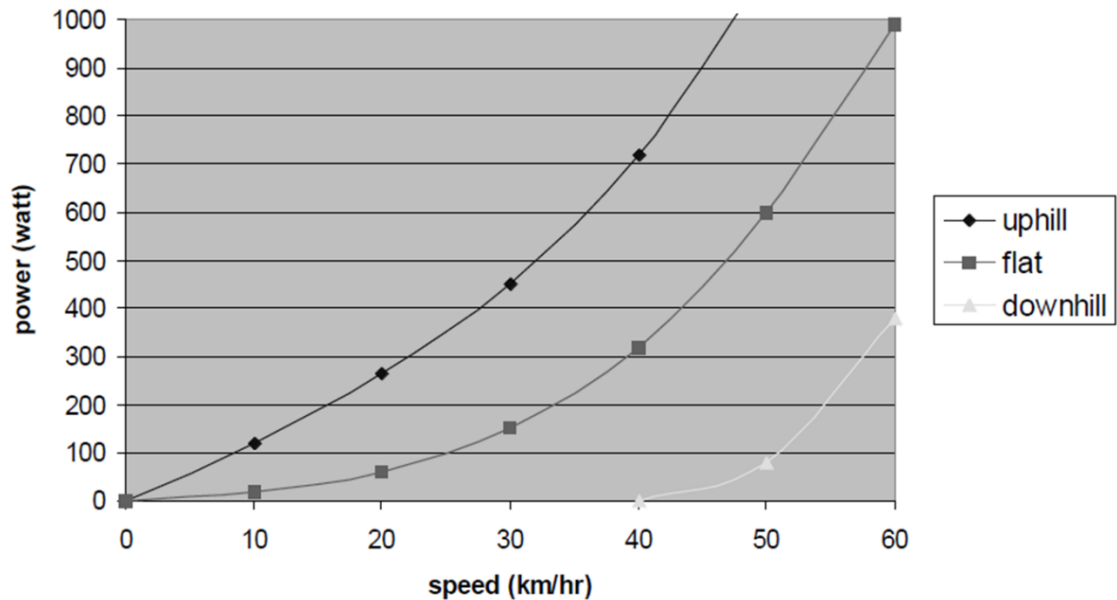
Kuvasta nähdään, että kolme tärkeintä reitinvalintatekijää ovat matka-aika, liikenneturvallisuus ja etäisyys. Liikenneturvallisuuden hakuisuus lisää helposti matka-aikaa ja matkan pituutta. Liitteellä 2 on taulukot Oulun vastauksista ja joitakin poimintoja kommentteista. Kommenttien perusteella Oulun pyöräilyväyliin ollaan tyytyväisiä lukuun ottamatta keskustan aluetta. Pyöräpysäköintipaikkojen määrää haluttaisiin lisätä ja laatua parantaa.

4.1.1 Energiankulutus

Mercatin (1999) mukaan 70 kg painava pyöräilijä, joka ajaa nopeudella 25 km/h kilpapyörällä (10kg) hyvällä tiellä, joutuu risteykseen pysähtymisen jälkeen kuluttamaan energiaa kiihdyttäessään takaisin pyöräilyn nopeuteen:

$$E = \frac{1}{2}mv^2 = 0,5 * 80 * \left(\frac{25}{3,6}\right)^2 = 1929 \text{ J} \quad (1)$$

Keskimääräinen energiankulutus ajettaessa 25 km/h nopeudella on 100 W. Joka kerta pysähtyessään pyöräilijä menettää yhtä paljon energiaa kuin 139 metrin ajomatkaan 25 km/h:n nopeudella. Energiankulutus soveltuu melko hyvin reitin valintaa kuvaavaksi muuttujaksi erityisesti keskusta-alueilla ja alueilla, joilla muusta liikenteestä johtuen joutuu hidastamaan nopeutta. Kuvassa 38 on esitetty energiankulutuksen määrä tasaisella, ylä- ja alamäessä eri nopeuksilla. (Mercat 1999)



Kuva 38. Energiankulutus riippuu nopeudesta ja kaltevuudesta. (Mercat 1999)

4.1.2 Bicycle Level of Service (BLOS)

Turvallisuus on tärkeä tekijä pyöräilijän reitinvalinnan määrittämisessä ja yksi yleisimmin käytetyistä toimenpiteistä pyöräilyverkkojen suunnittelussa kaupunkialueilla. BLOS ilmaisee määrällisesti pyöräilijän kokeman turvallisuus- ja mukavuustason jaetuilla väylillä suhteessa moottoriajoneuvoliikenteeseen. Eli BLOS tuottaa vastauksia kysymyksiin: onko väylä pyöräily-ystävällinen? ja tuntevatko pyöräilijät olonsa mukavaksi pyöräillessään ajo-
väylällä? Kaavalla 2 voidaan arvioida pyöräilyn olosuhteita jaetuilla väylillä. (Robinson et al. 2014)

$$BLOS = a_1 * \ln\left(\frac{Vol_{15}}{L_n}\right) + a_2 * SP_t * (1 + 10,38 * HV)^2 + a_3 * \left(\frac{1}{PR_s}\right)^2 + a_4 * W_e^2 + C \quad (2)$$

missä: $a_1 = 0,507$, $a_2 = 0,199$, $a_3 = 7,066$, $a_4 = -0,005$, $C = 0,760$
 $a_1 - a_4$ ovat kertoimia monimuuttujan regressioanalyysissä
 L_n = kaistojen kokonaismäärä
 HV = raskaan liikenteen prosenttiosuus
 PR_s = FHWA:n viiden pisteen arviointi päällysteen pinnan laadulle

Vol_{15} = moottoriajoneuvojen määrä 15 minuutin aikajaksolla =

$$(ADT * D * K_d) / (4 * PHF) \quad (3)$$

missä: ADT = alueen tai linkin keskimääräinen päiväliikenne
 D = suuntakerroin
 K_d = päivittäinen huippu -kerroin
 PHF = huipputuntikerroin

$SP_t = \text{tehollinen nopeustekijä} = 1,1199 * \ln(SP_p - 20) + 0,8103$
missä: $SP_p = \text{nopeusrajoitus (mph)}$

$W_e = \text{keskimääräinen ajokaistan ulkopuolinen hyötyleveys (ft)}$

missä:

$$W_e = W_v - (10\text{ft} * \% \text{OSPA}) \text{ ja } W_l = 0$$

$$W_e = W_v + (1 - 2 * \% \text{OSPA}) \text{ ja } W_l > 0 \text{ ja } W_{ps} = 0$$

$$W_e = W_l - 2 * (10 * \% \text{OSPA}) \text{ ja } W_l > 0 \text{ ja pyöräkaista on olemassa}$$

$W_t = \text{väylän ulkopuolinen kokonaisleveys (piennar)}$
 $\text{OSPA} = \text{katupysäköinnille varatun alueen prosenttiosuus}$
 $W_l = \text{ajokaistan reunaviivan ja jalkakäytävän välinen päällysteen leveys}$
 $W_{ps} = \text{merkityn katupysäköintialueen leveys}$
 $W_v = \text{hyötyleveys liikennemäärän funktiona}$
 $W_v = W_t \text{ jos } ADT > 4000 \text{ ajoneuvoa/päivä}$
 $W_v = W_t * (2 - 0,00025 * ADT) \text{ jos } ADT \leq 4000 \text{ ajoneuvoa/päivä,}$
jos katu on jakamaton ja viivaton

BLOS pistemäärän tulokset kertovat pyöräilijän kokeman turvallisuuden ja mukavuuden. Tulokset on jaettu kuuteen kategoriaan A:sta F:ään, missä A:lla on parhaat olosuhteet ja F:llä huonoimmat. BLOS – pisteet jakautuvat eri kategorioissa seuraavasti:

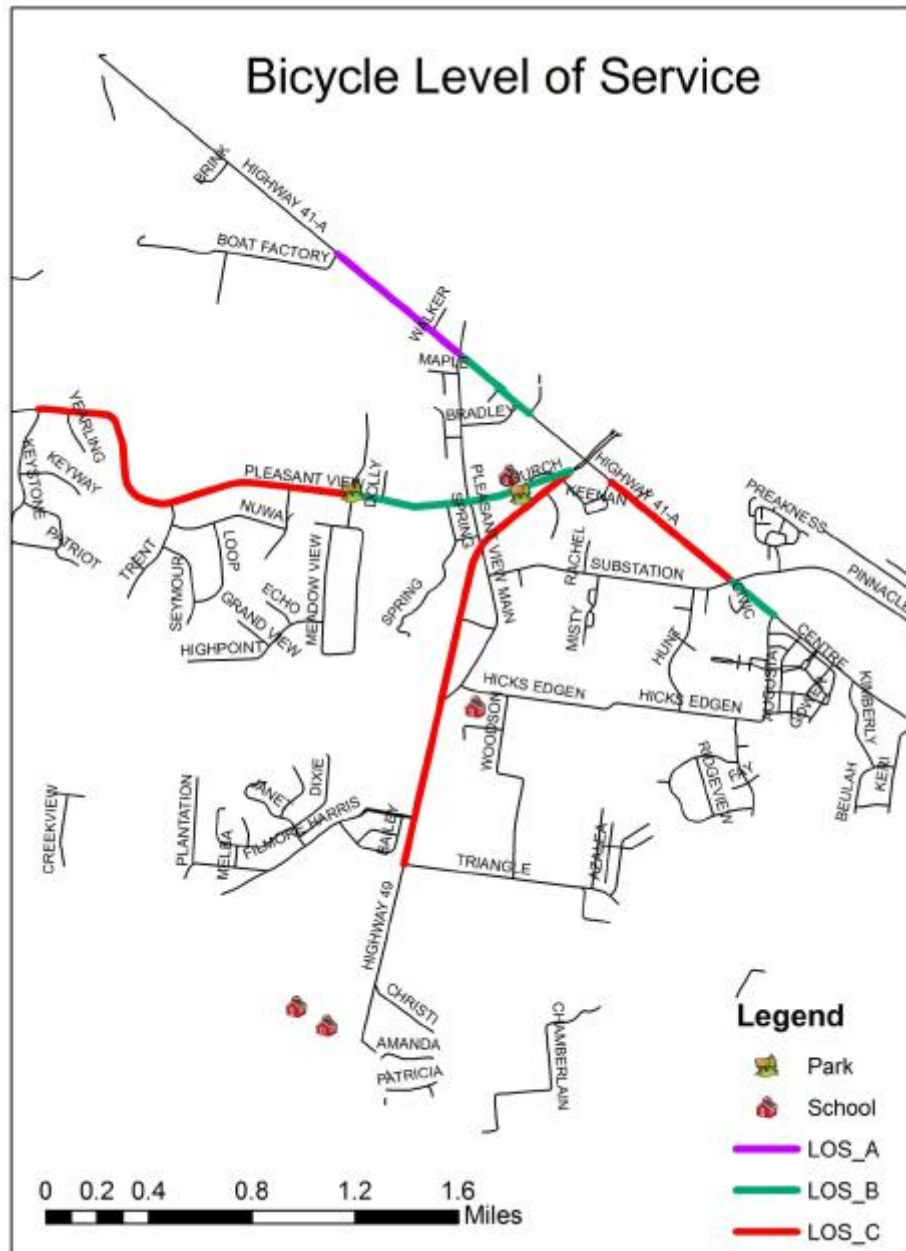
$A \leq 1,5$	$1,5 < B \leq 2,5$	$2,5 < C \leq 3,5$	$3,5 < D \leq 4,5$	$4,5 < E \leq 5,5$	$F > 5,5$
--------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	-----------

Huono tulos ei välttämättä tarkoita sitä, että pyöräily olisi kiellettyä ajoradalla vaan, että se tarvitsee parantavia toimenpiteitä pyöräilyn olosuhteiden parantamiseksi. Taulukossa 8 on esimerkki tuloksista, jotka Robinson et al. (2014) saivat tutkiessaan Pleasant View:n (Tennessee, USA) pyöräilyolosuhteita.

Taulukko 9. *Esimerkki pyöräilyn palvelutaso (BLOS) analyysin tuloksista (Robinson et al. 2014)*

Roadway	AADT	L_n	V_{15}	Cnfg	SP_p	SP_t	%HV	Pavement Condition	Lane Width	W_l	W_t	W_v	W_e	Score	BLOS
Church St. - Pleasant View Rd.	3283	2	49	U	15	0	0.01	4	11	0	11	12.97	12.97	1.98	B
Pleasant View Rd. - Keystone Dr.	3283	2	49	U	30	3.39	0.01	4	11	0	11	12.97	12.97	2.81	C
<i>Hwy 41A</i>															
Hicks Edgen Rd. - Substation Rd.	3180	3	48	U	45	4.42	0.01	4	12	2	14	16.87	18.87	1.89	B
Substation Rd. - Ren Mar Dr.	5252	2	79	U	45	4.42	0.01	4	12	2	14	14	16	2.85	C
Christopher Dr. - Main St.	5252	2	79	U	45	4.42	0.01	4	12	5	17	17	22	1.71	B
Main St. - Boat Factory Rd.	3180	2	48	U	30	3.39	0.01	4	12	4	16	19.28	23.28	0.92	A
<i>Hwy 49</i>															
Church St. - Main St.	12961	2	194	U	35	3.84	0.01	5	11	2	13	13	15	3.17	C
Main St. - Triangle Rd.	8298	2	124	U	35	3.84	0.01	5	11	2	13	13	15	2.94	C

Kuvassa 39 analyysin tulokset on kuvattu kartalla. Samalla tiellä (Highway 41-A) on eri BLOS – arvoja, koska toisessa kohtaa on piennar, jota voidaan käyttää pyöräilyyn. Samoin alue, jossa on sekä koulu että puisto, saa BLOS – arvoksi B. Alue, jossa on vain puisto, saa arvoksi C.



Kuva 39. BLOS analyysin tulokset kartalla. (Robinson et al. 2014)

4.2 Pyöräilynopeudet eri väylillä

Linkeille ja solmupisteille voidaan asettaa eri parametreja, joilla kuvataan kyseisen alueen geometriaa tai infrastruktuuria. Liikennemalliin voidaan asettaa funktioita, joiden arvo muuttuu parametrien arvojen muuttuessa.

Helsingissä vuonna 2002 tutkalla tehdyissä nopeusmittauksissa havaittiin 40 pyöräilijän otoksen pistenopeuksien vaihtelevan eri alueilla seuraavasti (Liikennevirasto 2014):

Keskusta-alueella:

- päällystetty pyörätie ajoradan vieressä: 13 – 27 km/h (keskiarvo 17 km/h)
- päällystetty pyörätie puistossa: 14 – 38 km/h (keskiarvo 21 km/h)
- katualue, jossa moottoriajoneuvolla ajo kielletty, jalankulku ja pyöräily sekoitettu: 10 – 20 km/h (keskiarvo 15 km/h)

Keskustan ulkopuolella:

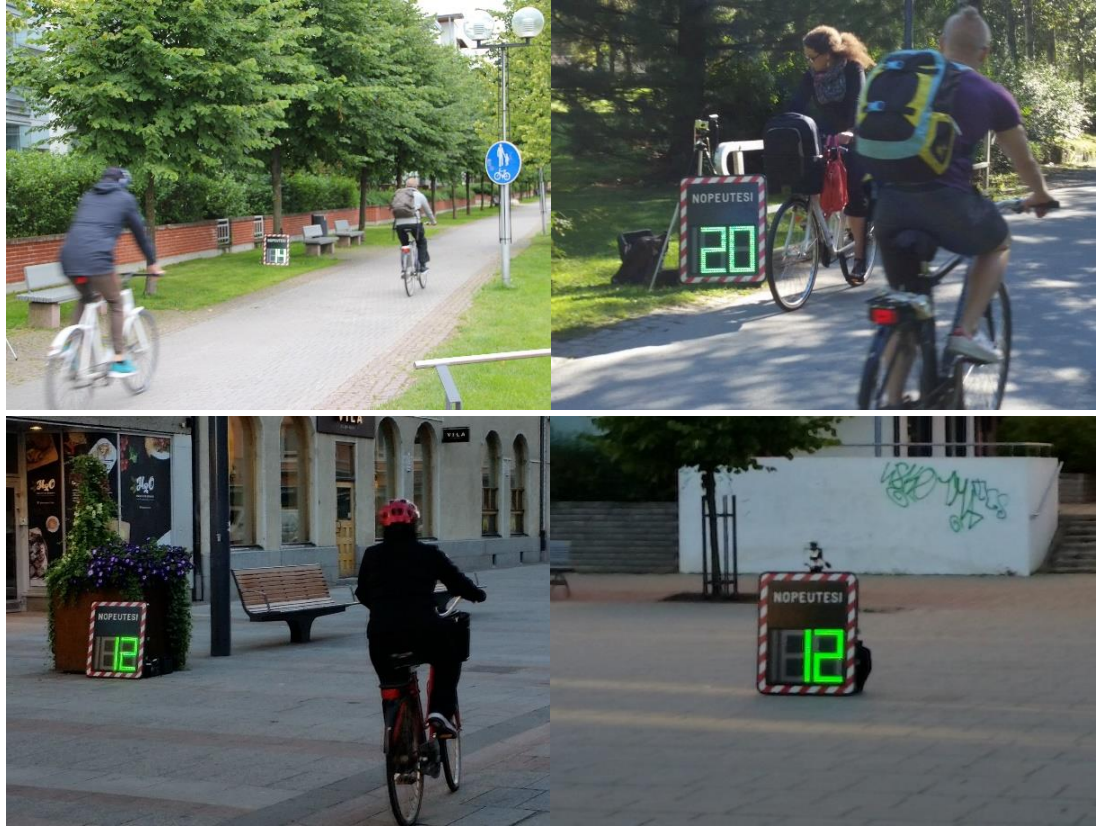
- päällystetty yhdistetty jalkakäytävä ja pyörätie: 17 – 29 km/h (keskiarvo 22 km/h)
- päällystetty yhdistetty jalkakäytävä ja pyörätie alamäessä: 18 – 44 km/h (keskiarvo 34 km/h)
- hiekkapintainen yhdistetty jalkakäytävä ja pyörätie puistossa: 13 – 26 km/h (keskiarvo 19 km/h)

Vuonna 1986 Helsingin kaupungin tekemän selvityksen mukaan pysähdykset sisältävä pyöräilyn matkanopeus oli korkealuokkasilla pääreiteillä 18 – 22 km/h, pääreiteillä 15 – 18 km/h ja poikittaisilla reiteillä sekä keskustoissa 10 – 14 km/h. (Liikennevirasto 2014)

Tässä tutkimuksessa suoritettiin pistenopeusmittauksia Oulun keskustassa ja keskustan reuna-alueilla käyttäen Sierzega GR32C nopeusnäyttötaulua ja Viacount II-mikroaaltotutkaa. Oulun keskustassa pistenopeusmittauksia suoritettiin erilaisilla väylillä aamun huipputunnin aikana, jolloin saatiin kattava otos työmatkapyöräilijöiden nopeuksista. Mittauksissa käytettiin nopeusnäyttötaulua. Aamun huipputuntien lisäksi mitattiin vertailun takia keskustan kävelykadulla ja Hupisaaren yhdistetyllä pyörätiellä ja jalkakäytävällä iltapäivän sekaliikennettä. Pyöräilyn nopeudet vaihtelivat 7 – 34 km/h välillä. Yli 95 % pyöräilijöistä ajoi 11 – 25 km/h nopeudella. Aamulla Hupisaarilla tehdyissä mittauksissa keskinopeus oli yli 2 km/h nopeampi kuin iltapäivällä, Keskustassa Rotuaarilla aamun liikenne oli yli 3 km/h nopeampaa kuin päivällä. Taulukossa 10 on kooste mittaustuloksista. Kuvassa 40 on muutamia mittaustaikkoja Oulun kaupungissa.

Taulukko 10. Mittaustulosten keskiarvot Oulun kaupungin keskustassa ja lähialueilla.

Päivä	Mittausaika	Paikka	Havainnot	Keskinop. km/h	Päällyste	Väylätyyppi
14.8.2015	klo 06:58 - 08:11	Kanavaranta	256	16,11	betonikivi	Yhd. pyörätie ja jk
17.8.2015	klo 06:52 - 08:06	Veturiaukio	262	14,91	betonikivi	Shared Space
17.8.2015	klo 15:18 - 15:51	Hupisaaret	160	15,93	asfaltti	Yhd. pyörätie ja jk
18.8.2015	klo 07:12 - 07:57	Rotuaari	112	14,07	kivilaatta	Kävelykatu
18.8.2015	klo 14:29 - 15:57	Hollihaka	131	18,63	hiekk	Yhd. pyörätie ja jk
19.8.2015	klo 07:37 - 08:57	Hupisaaret	345	18,28	asfaltti	Yhd. pyörätie ja jk
19.8.2015	klo 15:14 - 16:30	Värtön ranta	285	15,60	asfaltti	Yhd. pyörätie ja jk
19.8.2015	klo 09:52 - 10:42	Rotuaari	29	10,92	kivilaatta	Kävelykatu
20.8.2015	klo 07:20 - 07:59	Tehtaankatu	112	18,06	asfaltti	Yhd. pyörätie ja jk



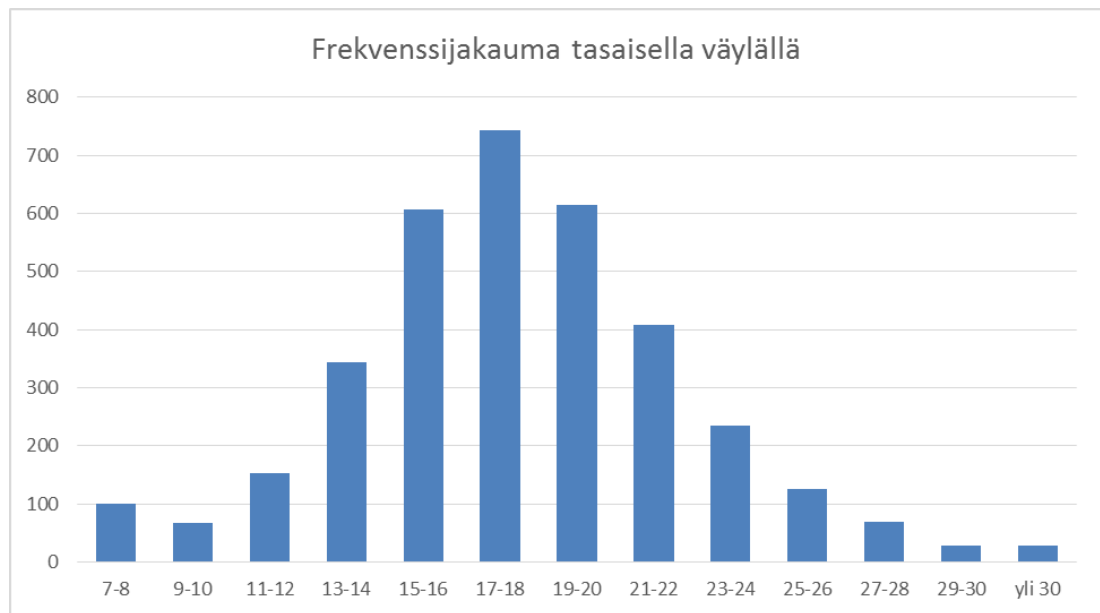
Kuva 40. *Sierzega GR32C –tutkausta Oulussa. (kuvat Erkki Kauppinen)*

Viacount II – mikroaaltotutkalla mitattiin pyöräilijöiden pistenopeuksia Oulussa kolmessa eri paikassa: tasaisella Plaanaojanpolulla (kuva 41) ja kahdessa mäessä Kontinkankaanpolulla ja Merikosken vieressä kulkeva pyörätiellä. Liitteellä 3 on pistenopeusmittauspaikat kartalla.



Kuva 41. *Viacount II mikroaaltotutka asennettuna Plaanaojanpolulla. (kuva Erkki Kauppinen)*

Pyöräilyn nopeusfunktiota tutkittaessa ja määritettäessä pohditaan ensin, mistä lähtökohdista asiaa lähestytään. Aluksi tutkittiin pituuskaltevuuden vaikutusta pyöräilyn nopeuteen. Muut tekijät eli pyörän ja pyöräilijän massa, ilmanvastus (etupinta-ala), sää (sade, tuulen nopeus ja suunta), tie (kaltevuus pinta ja kunto) ja renkaiden vierintävastus jätetään huomioimatta. Nopeuden mittaukset suoritettiin tasaisella ja kahdessa eri mäessä. Mäkien pituuskaltevuudet laskettiin nopeudenmittauspaikan sijainnin mukaan. Oulussa tehdyillä nopeusmittauksilla todettiin vuorokauden keskimääräiseksi pyöräilyn nopeudeksi tasaisella pyörätiellä noin 17,7 km/h. Keskimääräinen nopeus 3523 pyöräilijän joukossa oli 17,7 km/h keskihajonnan ollessa 4,4 km/h. Kuvassa 42 on frekvenssijakauma tasaisella väylällä.



Kuva 42. Frekvenssijakauma tasaisella väylällä Oulun keskustan ulkopuolella.

Tässä tutkimuksessa keskityttiin aamuliikenteen tutkimiseen, jolloin (klo 6:26 – 9:00) keskiarvoksi tasaisella saatiin 17,75 km/h (taulukko 11).

Taulukko 11. Pyöräilyn keskinopeudet tasaisella ja eri kaltevuuksilla aamuliikenteessä.

Paikka	Kaltevuus		Keskinopeus	Määrä	Aika
Kontinkankaanpolku	ylämäki	-4,0 %	9,69 km/h	181 kpl	6:33 - 8:57
Merikoski	ylämäki	-2,5 %	14,19 km/h	62 kpl	6:35 - 8:58
Plaanaojanpolku	tasainen	0 %	17,75 km/h	390 kpl	6:26 - 9:00
Kontinkankaanpolku	alamäki	5,0 %	22,63 km/h	41 kpl	6:33 - 8:57
Merikoski	alamäki	5,4 %	27,73 km/h	48 kpl	6:35 - 8:58

Keskiarvonopeuksista tasaisella ja ylä- sekä alamäkeen ajettaessa muodostettiin suora, jonka kulmakerroin kuvaa tien kaltevuuden vaikutuksia nopeudenmuutokseen. Nopeusfunktiota voidaan kuvata kaavalla 4:

$$v_s = K_{1,2} * s + v_0 \quad (4)$$

missä

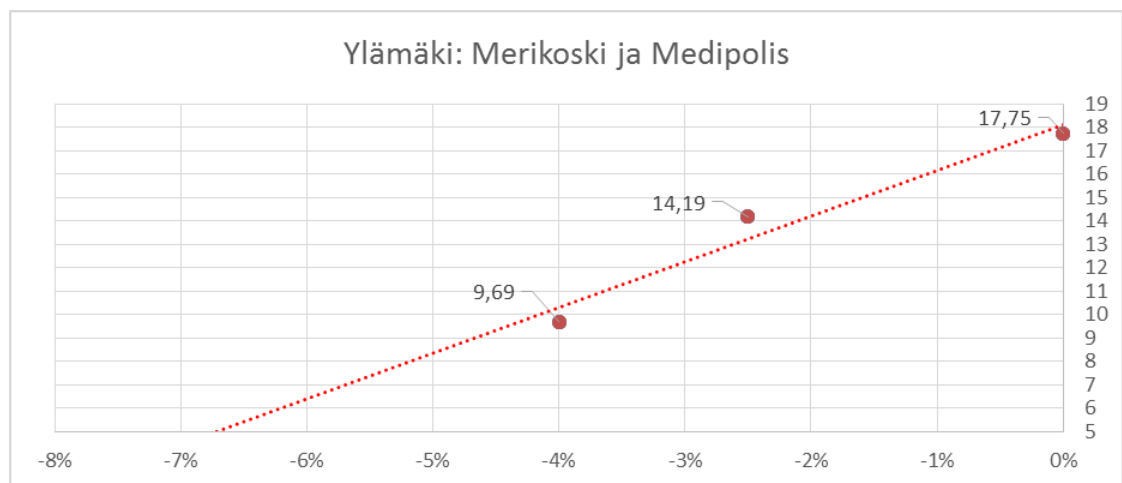
$K_{1,2}$ = kulmakerroin, jonka arvo riippuu, siitä ajetaanko ylä- vai alamäkeen
 s = tien pituuskaltevuus %
 v_0 = keskinopeus tasaisella
 v_s = keskinopeus ajettaessa mäkeä

Kulmakertoimien K_1 ja K_2 arvot saatiin laskemalla pituuskaltevuuksien ja keskinopeuksien arvoista kaavan 5 mukaisesti.

$$K = \frac{\Delta v_0}{\Delta s} = \frac{v_s - v_0}{\Delta s} \quad (5)$$

Ylämäkeen ajettaessa kulmakertoimen K_1 arvo saatiin trendikäyrän akseleiden leikkauspisteistä:

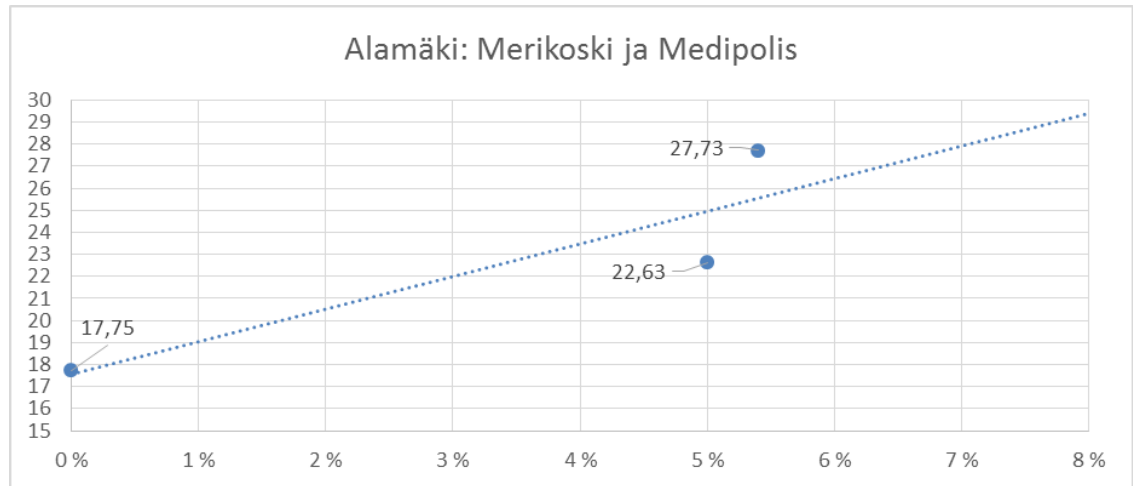
$$K_1 = \frac{18,1 - 5,0}{0 - 6,7} = -1,95522 \approx -1,96$$



Kuva 43. Ylämäen nopeudet pituuskaltevuuden suhteen.

Alamäkeen ajettaessa kulmakertoimen K_1 arvoksi saatiin trendikäyrän akseleiden leikkauspisteistä:

$$K_1 = \frac{29,4 - 17,6}{8 - 0} = 1,475 \approx 1,48$$



Kuva 44. Alamäen nopeudet pituuskaltevuuden suhteen.

Sijoitetaan K_1 ja K_2 nopeusfunktion kaavaan, jolloin saadaan ylämäen nopeusfunktioiksi:

$$v_{sy} = -1,96 * s + 17,75 \left[\frac{km}{h} \right]$$

ja alamäen nopeusfunktioiksi:

$$v_{sa} = 1,48 * s + 17,75 \left[\frac{km}{h} \right]$$

Nämä nopeusfunktiot ovat karkeita arvioita nopeuden muutoksista. Näissä ei huomioida tuulennopeuden vaikutusta, pyöräilijän ja pyörän massaa eikä pyörän ja maan välistä kitkaa. Nämä nopeusfunktiot koskevat keskustan ulkopuolisia alueita, sillä keskusta-alueilla häiriöpisteet, kuten risteykset ja liikennevalot vaikuttavat keskinopeuden lisäksi funktioiden kulmakertoimiin. Kaupunkikeskustassa ajetaan keskimäärin hiljempaa kuin keskustan ulkopuolella. Lisäksi on huomioitava, että aamun työ- ja koulumatkaliikenne on nopeampaa kuin vuorokautinen kaikki pyöräilijät huomioiva liikenne. Liitteellä 4 on vertailun vuoksi vuorokautisen liikenteen nopeusfunktiot.

4.3 Pyöräilyn matka-aikaan vaikuttavia tekijöitä

Pyöräilijät haluavat ajaa tasaista nopeutta pyrkien välttämään häiriöitä, kuten kadunylityksiä, liikennevaloja, tiukkoja käännoiksi ja epätasaista päällystettä. Jokainen pyöräilyä hidastava tekijä voi vaikuttaa pyöräilyn nopeuden lisäksi myös reitinvalintaan. Arkipyöräilijä valitsee usein lyhimmän ja suorimman reitin, jonka kokee turvallisiksi.

4.3.1 Risteykset, liikennevalot

Polkupyörien hidastuvuus- ja kiihdytysmallit edustavat pyöräilijöiden käyttäytymistä valorisestyksissä punaisen valon aikana ja sellaisina, kun he lähtevät liikkeelle vihreän vaiheen alussa. Jiang et al. (2013) mukaan hidastuvuus- ja kiihdytysarvot vaihtelevat paljon eri tutkimusten mukaan. Vuonna 1998 Taylor sai keskihidastuvuudeksi $-2,63 \text{ m/s}^2$ ja keskikihti-tyvyydeksi $1,15 \text{ m/s}^2$. Vuonna 1994 Forester sai maksimihidastuvuudeksi $-4,90 \text{ m/s}^2$. Maini raportoi vuonna 2000 keskihidastuvuudeksi $-0,88 \text{ m/s}^2$ ja keskikihti-tyvyydeksi $0,62 \text{ m/s}^2$. Jian et al. tutkivat kahta risteystä Pekingissä Kiinassa. 90,1 prosenttia hidastuvuusarvoista vaihtelivat $-0,014 \text{ m/s}^2$ ja $-0,8 \text{ m/s}^2$ välillä. Analysoitaessa tietoja he huomasivat, että pyöräilijä alkaa hidastaa nopeuttaan 30 metriä ennen pysähdyspaikkaa. Vastaavasti suurin osa pyöräilijöistä saavuttaa normaalin matkanopeutensa 30 metrin päässä vihreän valon vaihtumisen jälkeen.

Pyöräilijän odotuspaikka liikennevaloissa voi vaihdella risteuksen odotustila-ahtauden ja pyöräliikenteen määrän takia, kuva 45. Ensimmäisenä liikennevaloihin tuleva ei välttämättä ole jonon ensimmäisenä lähdössä valojen vaihtuessa.



Kuva 45. Liikennevalojen vaihtumista odottavia pyöräilijöitä Saaristonkadun ja Uudenkadun risteyksessä Oulussa. (kuva Erkki Kauppinen)

Arvioitaessa liikennevalorisestyksen aiheuttamia viiveitä, tutkitaan pyöräilijän nopeuden hidastumista ennen liikennevalorisestykseen pysähtymistä, odotusaikaa liikennevaloissa ja

kiihdyttämistä takaisin normaaliajonopeuteen risteyksen jälkeen. Laskentakaavojen muodostamisessa käytetään mukaillen Jiang et al. (2013) käyttämiä kaavoja.

Nopeuden hidastuminen lasketaan seuraavalla kaavalla (6):

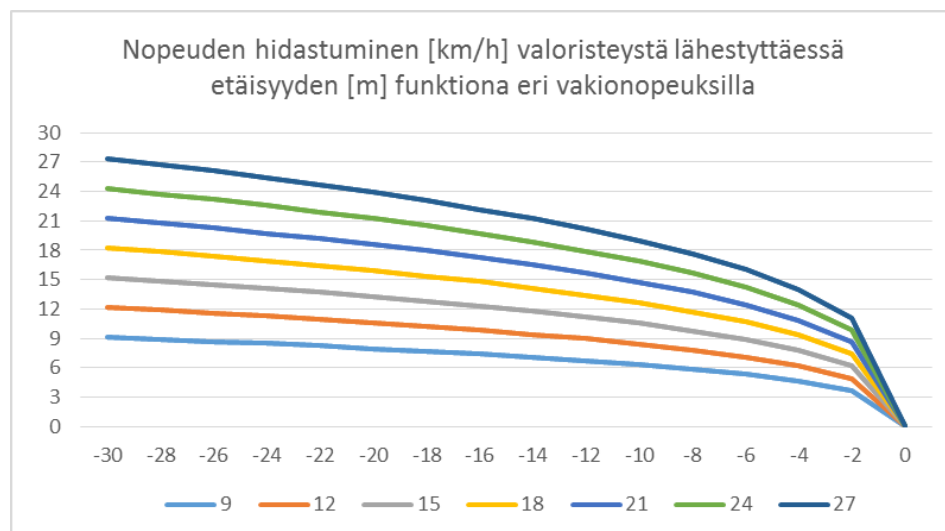
$$V_X = 0,326 * V_{normal} * (-X)^{\frac{1}{3}} \quad (-30 \geq X \geq 0) \quad (6)$$

missä V_X = polkupyörän nopeus etäisyydeltä X pysähtymispaikkaan [km/h]

V_{normal} = polkupyörän normaali nopeus [km/h]

X = etäisyys pysähtymispaikkaan [m]

Kun kaavaan 1 sijoitetaan eri lähtöarvot 9 km/h – 27 km/h, saadaan nopeuden hidastumisen kuvaaja:



Kuva 46. Punaista valoa lähestyttäessä nopeuden hidastuminen etäisyyden funktiona.

Koska tarkoitus on selvittää pyöräilijän kokonaismatka-aikaa, niin esitetään hidastuvuus ajan funktiona:

Koska $dX/dt = V$, niin $dX/V = dt$,

joten:
$$\int_0^t dt = \int_{-30}^t \frac{dX}{V_X} = \int_{-30}^t \frac{dX}{0,326 * V_{normal} * (-X)^{1/3}}$$

Nyt:
$$t(X) = t_{xs} = -\frac{4,61}{V_{normal}} * \left[(-X)^{\frac{2}{3}} - 9,65 \right] \quad (7)$$

Nopeuden kasvu vihreän valon vaihtumisen jälkeen lasketaan kaavalla (3):

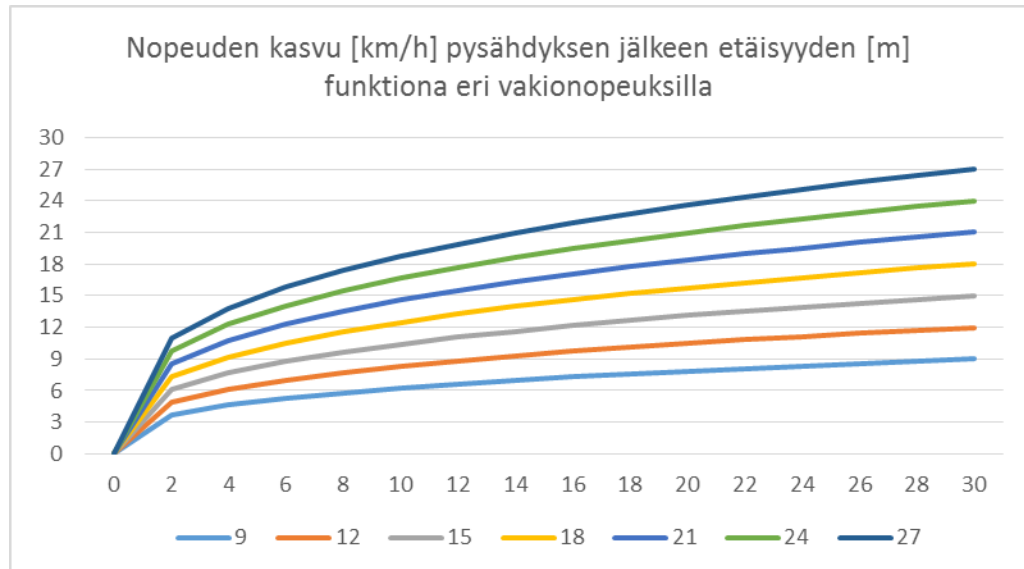
$$V_X = 0,322 * V_{normal} * (X)^{\frac{1}{3}} \quad (0 \geq X \geq 30m) \quad (8)$$

missä V_X = polkupyörän nopeus etäisyydeltä X pysähtymispaikasta

V_{normal} = polkupyörän normaali nopeus

X = etäisyys pysähtymispaikasta

Kun kaavaan 3 sijoitetaan eri lähtöarvot 9km/h – 27 km/h, saadaan nopeuden kasvun kuvaaja etäisyyden funktiona:



Kuva 47. Vihreän valon vaihtumisen jälkeen nopeuden kasvu etäisyyden funktiona.

Vastaavasti esitetään nopeuden kasvu vihreän valon vaihduttua ajan funktiona:

Edelleen $dX/dt = V$, niin $dX/V = dt$

$$\text{joten:} \quad \int_0^t dt = \int_0^X \frac{dX}{V_X} = \int_0^X \frac{dX}{0,322 \cdot V_n \cdot (-X)^{1/3}}$$

$$\text{Nyt:} \quad t(X) = t_{xa} = \frac{4,66}{V_n} \cdot (X)^{\frac{2}{3}} \quad (9)$$

Liikennevaloristeyksessä huomioidaan lisäksi odotusaika ja ylitysaika. Odotusaika arvioitiin kenttätutkimuksissa kuvattujen videoiden perusteella. Odotusaikojen keskiarvojen vaihteluväli oli eri risteysten kohdalla kulkussunnasta, risteuksen leveydestä ja sijainnista riippuen 9 – 35 sekuntia. Kaikkien tutkittujen liikennevaloristeysten odotusaikojen keskiarvo oli 19,94 sekuntia, joten tässä tutkimuksessa käytetään odotusajan oletusarvona $t_w = 20$ sekuntia. Nopeus kasvaa heti vihreän valon vaihduttua ja jatkuu seuraavan 30 metrin ajan. Koska suojatien aikana pyöräilijä kiihdyttää nopeuttaan, vähennetään suojatien matka sen jälkeisestä kiihdytysmatkasta. Nyt liikennevaloristeyksen ylittävän pyöräilijän kokonaismatka-aika t_{tot} saadaan kaavasta:

$$t_{tot} = t_{xs} + t_w + t_{cr} + t_{xa} \quad (10)$$

$$= -\frac{4,61}{V_n} \cdot \left[(-X_s)^{\frac{2}{3}} - 9,65 \right] + t_w + \frac{4,66}{V_{sw}} \cdot (X_{cw})^{\frac{2}{3}} + \frac{4,66}{V_n} \cdot (X_s - X_{cw})^{\frac{2}{3}}$$

missä, t_{xs} = risteystä lähestyessä nopeuden hidastamisen aiheuttama viive
 t_w = keskimääräinen odotusaika punaisissa valoissa = 20 sekuntia
 t_{cr} = suojatien ylitysaika
 t_{xa} = takaisin normaali nopeuteen kiihdyttämisen aiheuttama viive
 V_n = polkupyörän normaali linkkinopeus (km/h)
 V_{sw} = polkupyörän nopeus suojatielinkillä (km/h)
 X_s = etäisyys suojatiestä ($0 \geq x \geq -30m$)
 X_{cw} = suojatien pituus

Jos pyöräilijä jatkaa suojatien ylittämisen jälkeen heti toisen risteuksen yli, niin silloin kokonaismatka-aikaan lisätään odotusaika t_w ja ylitysaika t_{cr} . Etäisyys pysähtymispaikasta on normaalisti 30 metriä, mutta voidaan asettaa tapauskohtaisesti myös lyhemmäksi. Tässä ei ole huomioitu mahdollisia jonotuksen aiheuttamia viiveitä.

Pyörätien jatkeena olevan suojatien ylitysnopeus V_{sw} lasketaan kaavan 3 avulla siten, että käytetään keskimääräisenä risteuksen ylitysmatkana 15 metriä. Nyt saadaan 18 km/h käyrältä keskiarvo, joka on 2/3-osaa etäisyyden maksimiarvosta eli $2/3 * 14,47 = 9,65$ km/h. Käytetään tässä tutkimuksessa arvoa 10 km/h.

Liikennemallin tarkastelussa riittävä tarkkuus liikennevaloristeysten väliselle linkille kulutetulle ajalle saadaan määritettyä seuraavasti:

$$t_{link} = t_{xa} + t_l + t_{xs} \quad (11)$$

missä: t_{xa} = takaisin normaali nopeuteen kiihdyttämisen aiheuttama viive
 t_l = linkin normaalinopeudella kulutettu aika, kun matkasta on vähennetty kiihdytyksen matka (= $30 \text{ m} - X_{cw} = 15 \text{ m}$), kun keskimääräinen suojatien pituus $X_{cw} = 15 \text{ m}$
 t_{xs} = risteystä lähestyessä nopeuden hidastamisen aiheuttama viive

Nyt:

$$t_{xa} = t_{xa \max} = \frac{4,66}{V_n} * (30 - 15)^{\frac{2}{3}} = \frac{28,34}{V_n}$$

$$t_l = (X_{link} - 15 \text{ m}) / V_n, \text{ missä } X_{link} = \text{linkin pituus [m]}$$

$$t_{xs} = t_{xs \max} = -\frac{4,61}{V_n} * \left[(-30)^{\frac{2}{3}} - 9,65 \right] = \frac{44,49}{V_n}$$

Eli $t_{link} = (28,34 + X_{link} - 15 + 44,49) / V_n = (X_{link} + 57,83) / V_n$

Pyöristetään $t_{link} = (X_{link} + 58) / V_n$

Nyt linkin keskinopeus $V_k = \frac{X_{link}}{t_{link}} = \frac{X_{link}}{\frac{X_{link} + 58}{V_n}} = \frac{X_{link} * V_n}{X_{link} + 58} \quad (12)$

Taulukossa 12 on tyypillisiä risteyksien ylittämistapauksia ja niiden aiheuttamia viiveitä.

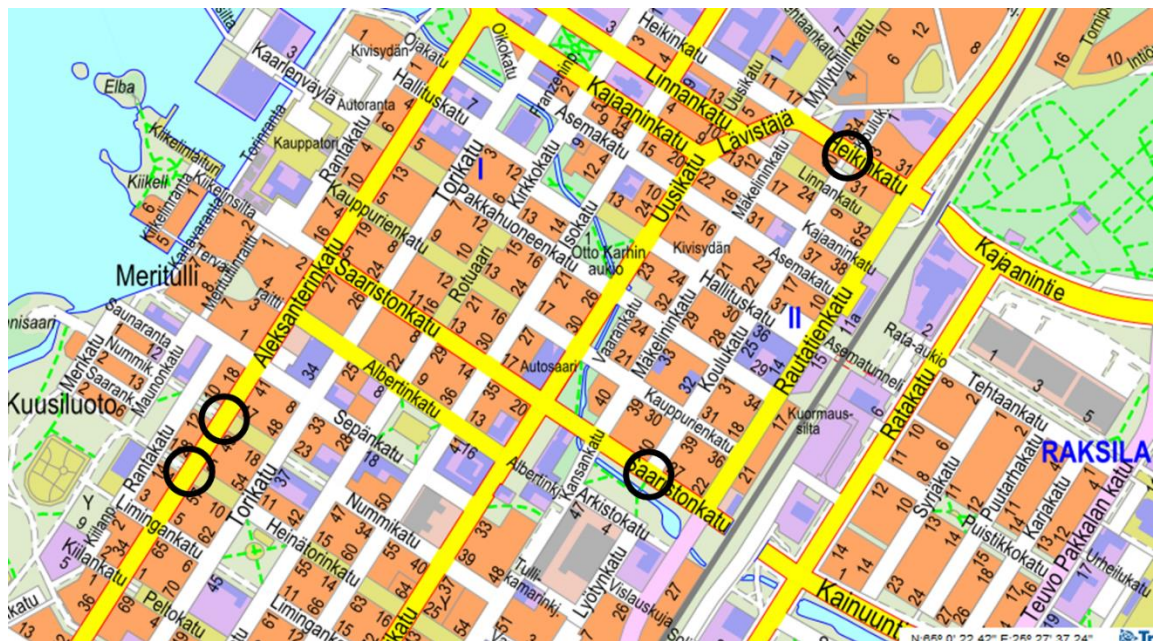
Taulukko 12. Tyypilliset tapaukset ja viiveet liikennevaloristeyksissä.

Tapaus	Tilannekuva	Viiveen aiheuttajat
Suojatien ylittäminen ja kulkusuunnan muutos		<ul style="list-style-type: none"> - hidastus - odotus - ylitys - kiihdytys
Käännös oikealle		<ul style="list-style-type: none"> - kaarre
Suojatien ylittäminen ja kulkusuunnan muutos		<ul style="list-style-type: none"> - hidastus - odotus - ylitys - kaarre - kiihdytys
Suojatien ylittäminen ja samaan kulkusuuntaan jatkaaminen		<ul style="list-style-type: none"> - hidastus - odotus - ylitys - kiihdytys
Kahden suojatien ylitys		<ul style="list-style-type: none"> - hidastus - odotus - ylitys - odotus - kiihdytys

Liikennevalottomissa risteyksissä ja muissa suojateiden ylityspaikoissa ylitysajat vaihtelevat paljon riippuen autoliikenteen määrästä, suojatien sijainnista ja pyöräilijän riskikäyttäytymisestä. Kun autoliikennettä on vähän, voi pyöräilijä ylittää suojatien jopa normaaliajonepeudella. Jos liikennettä on paljon ja/tai näkemä on huono, voi viivettä syntyä pyöräilijän riskinotto-kyvyn mukaan ja/tai autoilijoiden kohteliaisuuden mukaan vaihtelevasti.

Tässä tutkimuksessa mitattiin pyöräilijöiden odotus- ja ylitysaikoja neljässä eri liikennevalottomassa risteyksessä: Aleksanterinkadun ylitykset Heinätorinkadun ja Nummikadun risteyksissä, Saaristonkadun ja Heikinkadun ylitys Koulukadun risteyksissä, kuva 48. Mittaukset suoritettiin kuvaamalla risteykset videolle ja tutkimalla videot jälkikäteen. Risteysten kuvaukset suoritettiin aamun huipputunteina eli noin klo 8 – 9 välisinä aikoina. Jokaisesta kuvatussa risteyksestä laskettiin pyöräilijöiden keskimääräiset odotus- ja ylitysaajat ja mittaamalla risteysten leveydet saatiin laskettua keskinopeudet. Keskinopeudet vaihtelivat 6,5 – 8,6 km/h, joten tähän tutkimukseen riittävä tarkkuus liikennevalottoman risteysten keskinopeudeksi on 8 km/h. Noin 67 % ylitti välisaarekkeellisen risteysten ilman odotusta ja 17 % joutui tekemään välipysähdyksen saarekkeelle. Saarekkeettomien risteysten yli pääsi 58 % pyöräilijöistä ilman odotusta. Maksimi odotusaika ennen ylittämiseen lähtemistä oli 18 sekuntia ja saarekkeella 28 sekuntia.

Koska suurin osa pyöräilijöistä ylittää liikennevalottoman risteysten ilman odotusaikaa, hidastamisen ja kiihdyttämisen vaikutukset kokonaismatka-aikaan ovat niin pieniä, että ne jätetään tässä tutkimuksessa huomioimatta.



Kuva 48. Mittauspaikat liikennevalottomissa risteyksissä.

Jos pyöräilijä jatkaa matkaansa liikennevalottomasta risteyksestä liikennevalolliseen risteykseen, niin näiden risteysten välisen linkin matka-aika määritetään seuraavasti:

$$t_{link2} = t_{l2} + t_{xs} \quad (13)$$

missä:

t_{l2} = linkin normaalinopeudella kulutettu aika

t_{xs} = risteystä lähestyessä nopeuden hidastamisen aiheuttama viive

Nyt: $t_{l2} = X_{link} / V_n$, missä X_{link} = linkin pituus [m]

$$t_{xs} = t_{xs \max} = -\frac{4,61}{V_n} * \left[(-30)^{\frac{2}{3}} - 9,65 \right] = \frac{44,49}{V_n}$$

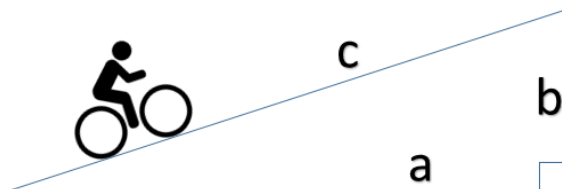
Eli
$$t_{link2} = (X_{link} - 15 + 44,49) / V_n = (X_{link} + 29,49) / V_n$$

Pyöristetään
$$t_{link2} = (X_{link} + 29,5) / V_n$$

Nyt linkin keskinopeus
$$V_{k2} = \frac{X_{link}}{t_{link2}} = \frac{X_{link}}{\frac{X_{link} + 29,5}{V_n}} = \frac{X_{link} * V_n}{X_{link} + 29,5} \quad (14)$$

4.3.2 Reitin mäkisyys

Yksittäisenä palvelutasotekijänä mäkisyyden voisi olettaa olevan merkittävä tekijä pyöräilyreittien suunnittelussa. Mäkisyys on sään ohella ainoa tekijä, johon ei voida vaikuttaa liikennepolitiikalla. Mäkisyyden määritelmät ja kuvaukset ovat kuitenkin varsin puutteelliset. Normaalisti mäestä tiedetään sen keskimääräinen kaltevuus, joka ilmaistaan prosenttilukuna. Kaltevuus lasketaan jakamalla nousukorkeus b horisontaalisella etäisyydellä a (kuva 49). Esimerkiksi jos $a = 1000$ m ja $b = 75$ m, niin kaltevuus on 7,5 %.



Kuva 49. Mäen kaltevuus.

Kuvan perusteella voidaan laskea kaltevuus Pythagoraan lausekkeen avulla: $a^2 + b^2 = c^2$. Jos nyt kokonaismatka $c = 1000$ m ja kokonaisnousu $b = 75$ m, niin horisontaalinen matka a saadaan laskettua:

$$a = \sqrt{c^2 - b^2} = \sqrt{1000^2 - 75^2} = 997,18 \text{ m}$$

Nyt kaltevuus on $b/a = (75/997,18) * 100 \% = 7,52 \%$.

Normaalisti tiedetään kokonaisnousu (b) ja kokonaismatka (a) ja koska laskennallinen ero normaalimäissä kaltevuuksien suhteen on pieni, voidaan käyttää kaltevuuden laskemisessa myös kaavaa $(b/c)*100 \%$.

Roberts (2014) määritteli ”mäki-indeksi”, jolla saataisiin numeerisia arvioita yleisestä keskimääräisestä mäkisyyssasteesta ja jyrkkyyksistä kullakin reitillä. Siinä huomioidaan koko vertikaalinen nousu ja lisäksi hyvin jyrkät nousut. Eli jos jollakin 20 kilometrin reitillä mäki-indeksi on 2,5 ja toisella 20 kilometrin reitillä mäki-indeksi on 5, niin voidaan olettaa jälkimmäisen reitin vaativan mäennousua kaksinkertaisesti ensimmäiseen verrattuna. Mäki-indeksin laskemisen perusteena oli ajatus, että reitistä kolmasosa on alamäkeen, kolmasosa tasaista ja kolmasosa ylämäkeen. Mäki-indeksin kaava on

$$\frac{100*(\text{kokonaisnousu} + \text{ylimääräiset jyrkät nousut})}{\text{kokonaismatka}} \quad (15)$$

missä kokonaisnousu on kaikkien nousujen summa [m]

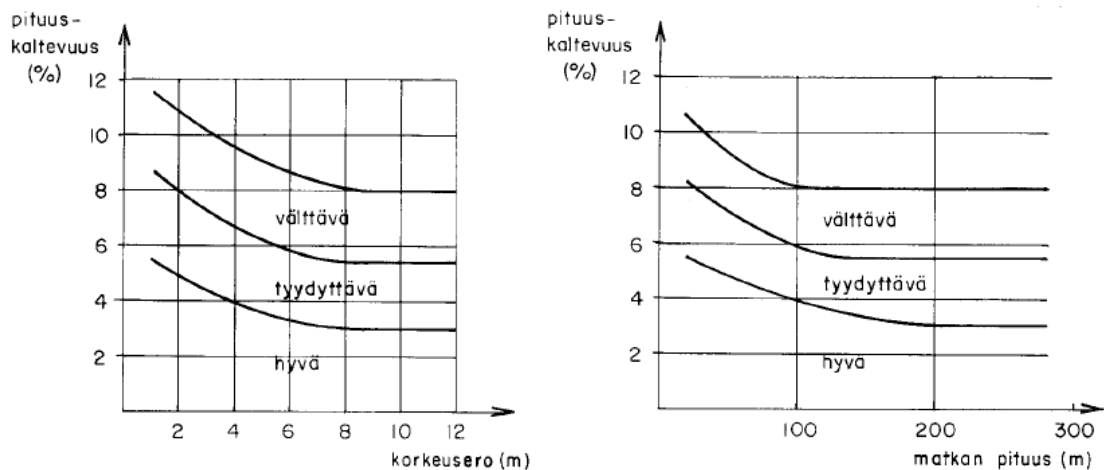
kokonaismatka on koko reitti [m]

ylimääräiset jyrkät nousut ovat yli 6 %:n nousuja, jossa lasketaan jokainen jyrkkä nousu kerrottuna ylimääräisellä jyrkkyystekijällä (4):

$$(0,5 * 100 * (\text{kaltevuus} - 0,06))^{\frac{3}{2}} \quad (16)$$

Tämä jyrkkyystekijä on 8 %:n nousulle 1,0 ja 10 %:n nousulle 2,83, joten 100 metrin vertikaalinen nousu lisää 10 %:n nousussa 283 metriä mäki-indeksiin.

Pyörätien pituuskaltevuuden minimiarvoksi suositellaan kuivatuksen vuoksi 0,5 %. Kaltevuuden maksimi-arvot on esitetty sekä korkeuseroon että kaltevan matkan pituuteen verrattuna kuvassa 50. Kaltevuuden ollessa tasolla välttävä eli yli 5 %, osa pyöräilijöistä joutuu jo taluttamaan pyöräänsä. (Metsäpuro et al. 2014)



Kuva 50. Pituuskaltevuuden maksimi-arvot korkeuseroon ja kaltevan matkan pituuteen verrattuna. (Metsäpuro et al. 2014)

Parkin et al. (2008) tutkivat pituuskaltevuuden vaikutusta pyöräilyn houkuttelevuuteen työmatkoilla. Tuloksena saatiin pituuskaltevuuden sekä työmatkojen pyöräiltävyyden joustoksi -0,893. Eli mäkisyyden kasvaessa 10 %, vähentää se työmatkapyöräilyn määrää 8,93 %.

Kiihtyvyys ja hidastuvuus kaltevuuden funktiona

Pyöräilyn nopeus vaihtelee maaston mukaan. Siksi on huomioitava nopeuden muutokset ajan suhteen eli kiihtyvyys. Koska tässä tutkimuksessa ei ole suoritettu kenttätutkimuksia kiihtyvyyden ja hidastuvuuden vaikutuksista pyöräilyn nopeuteen, käsittelen asiaa teoreettisesti hyödyntämällä vuonna 2008 Leedsissä tehdyn tutkimuksen (Parkin & Rotheram 2010) tuloksia kiihtyvyyshäiriöiden määrittämiseksi.

Kuudentoista vapaaehtoisen testajan polkupyöriin asennettiin Garmin Edge 305 Global Positioning System (GPS) laitteet, jotka pystyivät tallentamaan aikaleimatut x, y ja z-koordinaatit. Mallin mukaan pyöräilijöiden keskinopeus oli tasaisella 6,01 m/s (21,6 km/h). Jokaista alamäen 1 %:a kohden (negatiivinen kaltevuus) nopeus nousi 0,2379 m/s (0,86 km/h) ja jokaista ylämäen 1 % kohden keskimääräinen nopeus pieneni 0,4002 m/s (1,44 km/h). 3 %:n alamäessä pyöräilijöiden nopeus on suhteellisen vaatimaton 24,2 km/h. (Parkin & Rotheram 2010)

Jyrkemmillä kaltevuuksilla pyöräilijät eivät pysty hyödyntämään alamäen hyötyjä täysimääräisesti, koska he joutuvat jarruttamaan tieolosuhteiden ja turvallisuuden vuoksi. Vaihtoehtoisesti pyöräilijä yksinkertaisesti ei halua ajaa niin nopeasti kuin painovoima ja pienemmät kitkavoimat mahdollistaisivat.

Ylämäki vähentää nopeutta ja vähennys on suurempi kuin nopeuden kasvu alamäessä. Keskimääräinen nopeus 3 %:n ylämäessä on edelleen kunnioitettava 17,3 km/h.

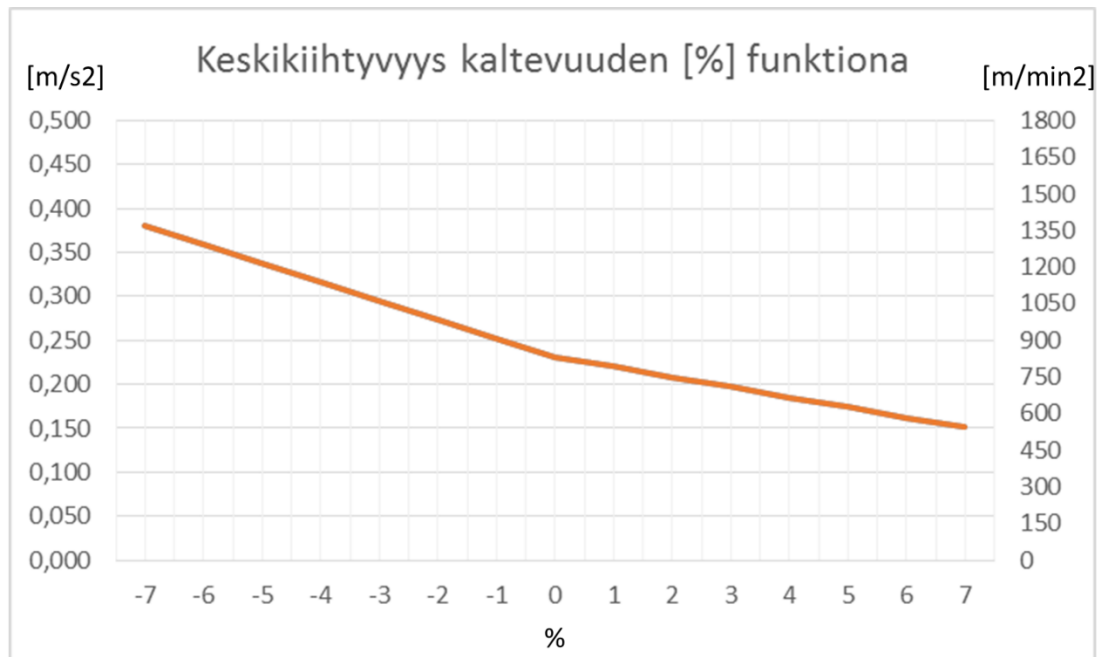
Keskimääräinen kiihdytys tasaisella on $0,231 \text{ m/s}^2$, jolloin kestää 26 s päästä keskinopeuteen 21,6 km/h. 3 %:n kaltevuudella kiihtyvyys on alamäessä $0,295 \text{ m/s}^2$ ja ylämäessä $0,197 \text{ m/s}^2$. Aikaa keskimääräisen nopeuden saavuttamiseen kuluu alamäessä 23 s ja ylämäessä 24 s.

Taulukossa 13 on yhteenveto nopeuksista, kiihtyvyyksistä ja tehoista välillä 7 %:n alamäestä 7 %:n ylämäkeen.

Taulukko 13. Pyöräilijöiden nopeus, kiihtyvyys ja teho. (Parkin & Rotheram 2010)

Gradient (%)	Mean	Speed	Eighty-fifth		Mean acceleration	Power at mean speed	Power during acceleration	Time to final speed	Mean Speed with 16 kph tail wind (kph)
	(m/s)	(kph)	percentile (m/s)	Speed (kph)	(m/s ²)	(W)	(W)	(s)	
-7	7.68	27.6	8.05	29.0	0.380	-251	-32	20.2	
-6	7.44	26.8	7.77	28.0	0.359	-183	-6	20.8	
-5	7.20	25.9	7.49	27.0	0.337	-119	19	21.3	
-4	6.96	25.1	7.22	26.0	0.316	-58	42	22.0	
-3	6.72	24.2	6.94	25.0	0.295	0	64	22.8	
-2	6.49	23.3	6.66	24.0	0.274	54	84	23.7	37.3
-1	6.25	22.5	6.38	23.0	0.252	104	103	24.8	34.5
0	6.01	21.6	6.11	22.0	0.231	151	120	26.0	31.7
1	5.61	20.2	5.75	20.7	0.220	183	133	25.6	28.3
2	5.21	18.8	5.40	19.4	0.208	211	143	25.0	24.9
3	4.81	17.3	5.04	18.2	0.197	232	151	24.5	
4	4.41	15.9	4.69	16.9	0.185	248	155	23.8	
5	4.01	14.4	4.33	15.6	0.174	259	157	23.1	
6	3.61	13.0	3.98	14.3	0.162	263	156	22.3	
7	3.21	11.6	3.63	13.1	0.151	261	151	21.3	

Yllä olevan taulukon arvoista saadaan muodostettua kuvaaja (kuva 51), jossa on keskikihtyvydet m/s² ja m/min² kaltevuuden funktiona.



Kuva 51. Keskikihtyvyys kaltevuuden funktiona.

Tämän jälkeen saadaan määritettyä keskikihtyvyyksille m/s² ja m/min² kulmakertoimet:

$$\text{m/s}^2: \quad K_{ala} = \frac{a_{-7\%} - a_{0\%}}{0 + 7} = \frac{0,380 - 0,231}{7} = 0,021286 \approx 0,021$$

$$K_{ylä} = \frac{a_{0\%} - a_{7\%}}{0 - 7} = \frac{0,231 - 0,151}{-7} = -0,011429 \approx -0,011$$

$$\text{m/min}^2: \quad K_{ala} = \frac{a_{-7\%} - a_{0\%}}{0 + 7} = \frac{1368 - 832}{7} = 76,62857 \approx 76,63$$

$$K_{ylä} = \frac{a_{0\%} - a_{7\%}}{0 - 7} = \frac{832 - 544}{-7} = -41,14286 \approx -41,14$$

Kulmakertoimien avulla saadaan muodostettua ala- ja ylämäen kiihtyvyyshanktiot:

$$a_{ala} = a_{0\%} + K_{ala} * s \quad (17)$$

$$a_{ylä} = a_{0\%} + K_{ylä} * s \quad (18)$$

missä

a_{ala}	= kiihtyvyys alamäessä kaltevuuden funktiona
$a_{ylä}$	= kiihtyvyys ylämäessä kaltevuuden funktiona
$a_{0\%}$	= kiihtyvyys tasaisella
K_{ala}	= alamäen kulmakerroin
$K_{ylä}$	= ylämäen kulmakerroin
s	= kaltevuus [%]

4.3.3 Muita viiveitä aiheuttavia tekijöitä

Edellisten lisäksi on muita pyöräilynopeuteen ja reitinvalintaan vaikuttavia tekijöitä. Näille on vaikea määrittää numeerista arvoa, sillä niiden merkitys vaihtelee merkittävästi pyöräilijäkohtaisesti.

Polkupyörä on hyvin merkittävä pyöräilynopeuteen vaikuttava tekijä.

- Pyörän paino: kevyempi on yleensä nopeampi.
- Renkaan leveys ja kovuus: kapea ja kovaksi pumpatun renkaan vierintävastus on pienempi.
- Vaihteilla voidaan sovittaa kadenssi pyöräilynopeuteen sopivaksi.

Talvi on yksi merkittävä suomalaisiin pyöräilyolosuhteisiin ja ajonopeuksiin vaikuttava tekijä. Talven aiheuttamia nopeuden hidastumisen syitä ovat muun muassa:

- Kylmä ilma: tekee kuulalaakereista ja voiteluaineista jäykempiä.
- Raskas pukeutuminen: lisää kuljetettavaa painoa, aiheuttaa poljin liikkeeseen enemmän vastusta ja lisää ilmanvastusta.
- Lumi: mitä enemmän lunta, sitä suurempi vierintävastus.
- Jää: pyörätiet ovat liukkaita ja pyöräilijä ajaa varovaisemmin. Ylämäissä vetävän takarenkaan kitka pienenee, jolloin nopeus hidastuu. Alamäessä liukkauden takia varovaisuus lisääntyy eli nopeus pienenee.
- Ilman tiheys: tiheys kasvaa noin 20 %, kun lämpötila putoaa +25 °C => -25 °C eli pyöräilijä joutuu tekemään 20 % enemmän työtä siirtääkseen edessä olevaa ilmaa tieltään.
- Ilman tiheyden ja kasvavan ilmanvastuksen muutokset voivat vaikuttaa lämpötilasta ja pyöräilijästä riippuen 15 – 30 % nopeuden hidastumisen verrattuna kesäolosuhteisiin (Andersen 2015).

Seuraavassa on kuvaesimerkein kerrottu eri tekijöitä, jotka voivat hidastaa pyöräilynopeutta, vaikuttaa reitinvalintaan ja vaarantaa pyöräilijän turvallisuutta.

Vesi voi hidastaa tai jopa estää pyöräilyn suunnitellulla reitillä, kuva 52.



Kuva 52. Padon ohijuoksutuksen aiheuttama tulva valtasi pyöräteitä Hupisaarilla Oulussa. (kuva Erkki Kauppinen)

Aerodynamiikan vaikutus: Mitä pystympi ajoasento, sitä suurempi ilmanvastus joka hidastaa ajonopeutta.

Työmaa voi katkaista suunnitellun reitin, kuva 53.



Kuva 53. Hotellityömaa tukkii väylän Kirkkokadulla Oulussa, liikenteen ohjaus puuttuu. (kuva Erkki Kauppinen)

Kaarteet

Kaupunkien keskustoissa rakennuksien kulmat tai tonttien aidat rajoittavat tai jopa estävät näkemiä ja lisäksi risteyksessä voi olla liikennevaloihin pysähtyneitä kävelijöitä ja pyöräilijöitä. Nämä tekijät pakottavat pyöräilijän hidastamaan nopeuttaan tai jopa pysähtymään.



Kuva 54. Tiukka mutka Pokkisenpuistossa Oulussa. (kuva Erkki Kauppinen)

Pyöräilyväylän leveys ja kunto, näkemäesteet: asfaltti, kivetys, hiekka, pensaat, talot, kunnossapito, epäjatkuvuuskohdat.



Kuva 55. Liikennemerkki on jäänyt puun oksien taakse piiloon Kirkkokadulla Oulussa. (kuva Erkki Kauppinen)

Jalankulkijoiden määrä: Yhdistetyillä pyörä- ja jalankulkuväylillä jalankulkijat hidastavat pyöräilyn nopeutta, kuva 56.



Kuva 56. Kaksisuuntainen yhdistetty pyörätie ja jalkakäytävä voi käydä joskus ahtaaksi. (kuva Erkki Kauppinen)

Huono suunnittelu voi aiheuttaa tilapäisiä esteitä, kuva 57.



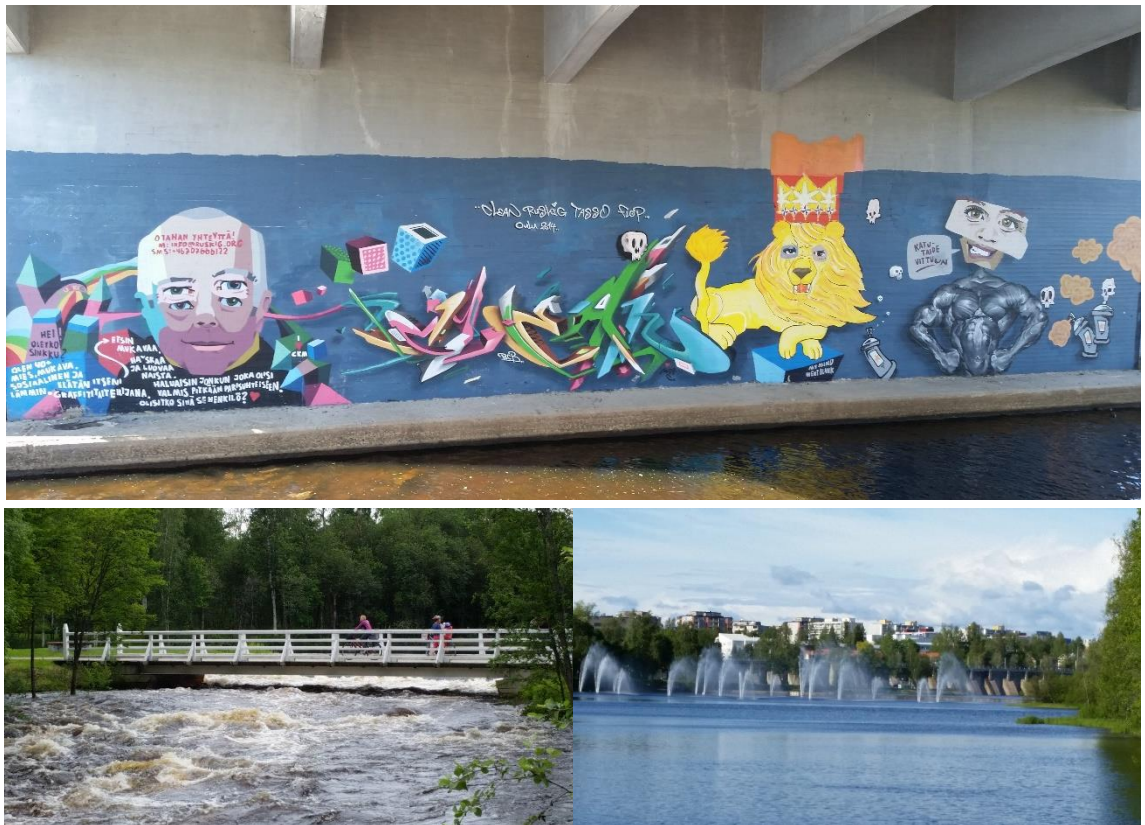
Kuva 57. Pyöräkaistalle sijoitettu pysäköintiautomaatti Kirkkokadulla Oulussa. (kuva Erkki Kauppinen)

Puutteellinen merkintä ja tasoero pyörätien jatkeella saa pyöräilijät ajamaan jalkakäytävällä, kuva 58.



Kuva 58. Tasoero pyörätien jatkeella, pyörätien jatkeen merkintä puuttuu, Kirkkokatu - Nummikatu Oulussa. (kuva Erkki Kauppinen)

Taide ja muut kiinnostavat kohteet voivat saada kulkijat hidastamaan tai pysähtymään hetkeksi, kuva 59.



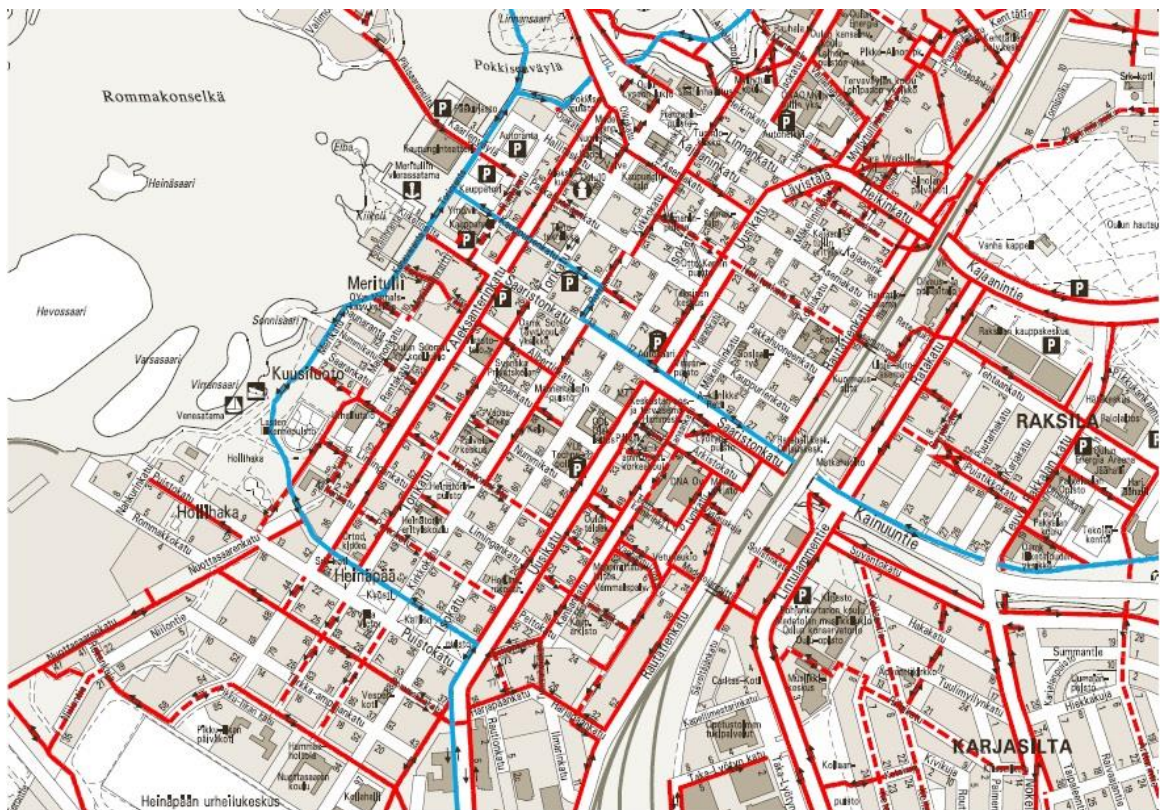
Kuva 59. Taidetta sillan alla ja jokimaisemia pyöräreitillä Oulussa. (kuvat Erkki Kauppinen)

4.4 Pyöräilyliikenteen sijoittelu kaupungeissa

Seuraavassa käsitellään Oulun ja Rovaniemen pyöräilyliikenteen sijoittelun tuloksia lähtötietoihin verrattuna. Rovaniemi poikkeaa muista tutkimuskaupungeista mäkisyydellään. Tämän takia Rovaniemen mallissa tutkittiin erikseen mäkisyyden vaikutuksia pyöräilynopeuksiin ja reitinvalintaan. Oulun pyöräilymaasto on suhteellisen tasaista, joten mäkisyyttä ei erikseen huomioitu. Tarvittaessa yksittäisten mäkien linkkien nopeutta voidaan pudottaa antamalla linkille pienempi nopeusarvo tai linkille voidaan antaa tietty viive.

4.4.1 Oulu

Oulussa on pyöräiteitä yhteensä 755 kilometriä. Pääasiallinen väylätyyppi on yhdistetty pyörätie ja jalkakäytävä. Kuvassa 60 on Oulun keskusta-alueen nykyiset pyörätiet.



Kuva 60. Oulun kaupungin keskustan pyörätiet 2011. (kuva Oulun kaupunki)

Pyöräilijät ja jalankulkijat on eroteltu vain Kirkkokadulla väleillä Pakkahuoneenkatu – Aionlanpuisto, Saaristonkatu – Albertinkatu ja Sepänkatu – Heinätorinkatu sekä Kansankadulla välillä Vanhatullinkatu – Peltokatu. Lisäksi pyöräilijöille on rakennettu omat pyöräkaistat Rautatienkadun ja Uusikadun väliselle Hallituskadulle (kuva 61).



Kuva 61. Hallituskadun syyskuussa 2015 avattu pyöräkaista. (kuva Erkki Kauppinen)

Keskustan pyöriteillä on useita epäjatkuvuuskohtia, jotka aiheuttavat reitinvalintaongelmia pyöräilijöille. Kuvasta 62 nähdään, kuinka pyörätie päättyy yllättäen. Pyöräilijä joutuu valitsemaan, siirtyykö ajamaan autoliikenteen sekaan noppakivipinnoitetulle tielle vai lain vastaisesti jalkakäytävälle.



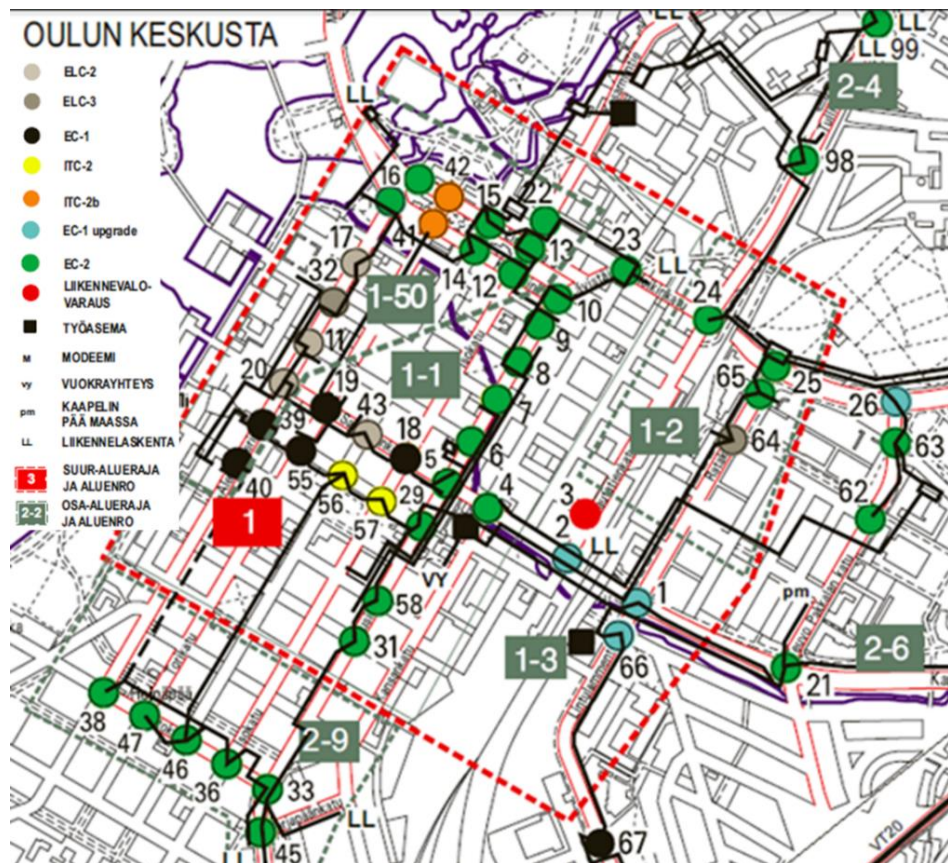
Kuva 62. Pyörätie ja jalkakäytävä rinnakkain, pyörätie päättyy. Kirkkokatu, Oulu. (kuva Erkki Kauppinen)

Pyöräilyn sujuvuutta heikentää myös joidenkin risteyksien riittämätön odotustila. Liikennevaloissa odottavat pyöräilijät ja kävelijät voivat haitata kääntyvien kulkijoiden matkan-
tekoa (kuva 63).



Kuva 63. Liikennevalojen vaihtumista odottavat henkilöt tukkivat oikealle kääntyviltä reitin Rautatienkadun ja Saaristonkadun risteyksessä Oulussa. (kuva Erkki Kauppinen)

Oulun kaupungin alueella on yhteensä 137 liikennevaloristeystä. Keskustan alueella olevat liikennevalot näkyvät kuvassa 64. (Oulun kaupunki)



Kuva 64. Liikennevalot Oulun keskusta-alueella. (kuva Oulun kaupunki)

Tässä tutkimuksessa tehtiin erilaisia skenaarioita, joiden perusteella vertailtiin pyöräilijöiden matka-aikoja ja reitinvalintoja. Eri skenaarioissa muutettiin hieman lähtöarvoja ja annettiin erilaisia painoarvoja matka-ajoille ja etäisyyksille. Kuvassa 65 on esitetty lähtötilanne, jota lähdettiin muokkaamaan.



Kuva 65. Lähtötilanne – liikenteen sijoittelumalli 2012.

Ensimmäinen skenaario tehtiin pelkästään tässä tutkimuksessa muodostettujen funktioiden avulla. Eri väylille annettiin taulukon 14 mukaiset arvot ja viiveet. Osalla linkeistä odottamisesta aiheutuva viive on laskettu suoraan kyseisen linkin keskinopeuteen. Linkkien keskinopeudet laskettiin nopeusmittausten ja odotusaikojen keskiarvoista.

Taulukko 14. Linkkityypit ja viivefunktiot

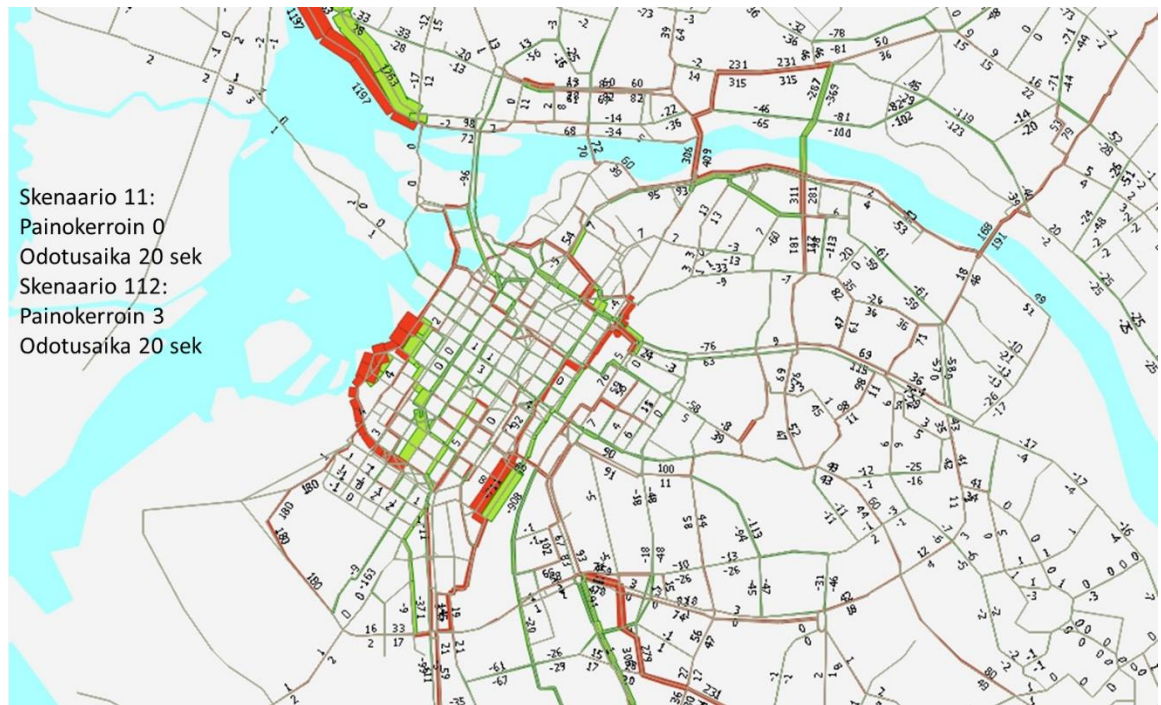
Nro	Linkkityyppi	Nopeus km/h	viivefunktio
7	autoverkko, tien oikea reuna	15	
9	syöttölinkki centroidista	15	
10	pyörätie	20	
11	pyörätie ja jalkakäytävä rinnakkain	20	
12	yhdistetty pyörätie ja jalkakäytävä	18	
13	pyöräkaista	20	
15	kävelykatu / pihakatu max 20 km/h	10	
17	kävely / pyörän talutus (esim. Valkea)	5	
20	pyörätien jatke suojatiellä, nopeus sisältää viiveet	8	
21	suojatie	5	
25	hiekkatie puistossa	16	
26	kivetty tie puistossa	16	
30	pyörätien jatke suojatiellä, liikennevalot	10	fd27/fd28
31	suojatie, liikennevalot	5	fd27/fd28
32	autoverkko, liikennevalot	8	fd25
33	autoverkko, risteys, väistämisvelvollisuus	8	
34	Pysäköintialue	10	
35	yhdistetty pyörätie ja jalkakäytävä, liik.valojen välinen	18	fd25
36	pyörätie ja jalkakäytävä rinnakkain, liik.valojen välinen	20	fd25
37	yhdistetty pyörätie ja jalkakäytävä, valottomasta liik.valoihin	18	fd26
38	pyörätie ja jalkakäytävä rinnakkain, valottomasta liik.valoihin	20	fd26
fd25	$60 \cdot (\text{length} + 0.058) / \text{ul1}$		
fd26	$60 \cdot (\text{length} + 0.0295) / \text{ul1}$		
fd27	$0.1665 + 60 \cdot \text{length} / \text{ul1}$		
fd28	$0.333 + 60 \cdot \text{length} / \text{ul2}$		

Skenaarioon sijoitettiin laskennalliset liikennemäärät ja tuloksena saatiin kuvan 66 mukainen pyöräilijöiden reitinvalinta, joka perustuu lyhimpään matka-aikaan. Mitä paksumpi viiva, sitä useampi pyöräilijä käyttää kyseistä reittiä. Kuvasta nähdään, että pyöräilijät pyrkivät välttämään liikennevaloristeyksiä. Tämä johtuu siitä, että liikennevalot aiheuttavat viiveiden takia matka-ajan pitenemisen ja heille on ajallisesti edullisempaa pyöräillä pitempää, liikennevalotonta reittiä.

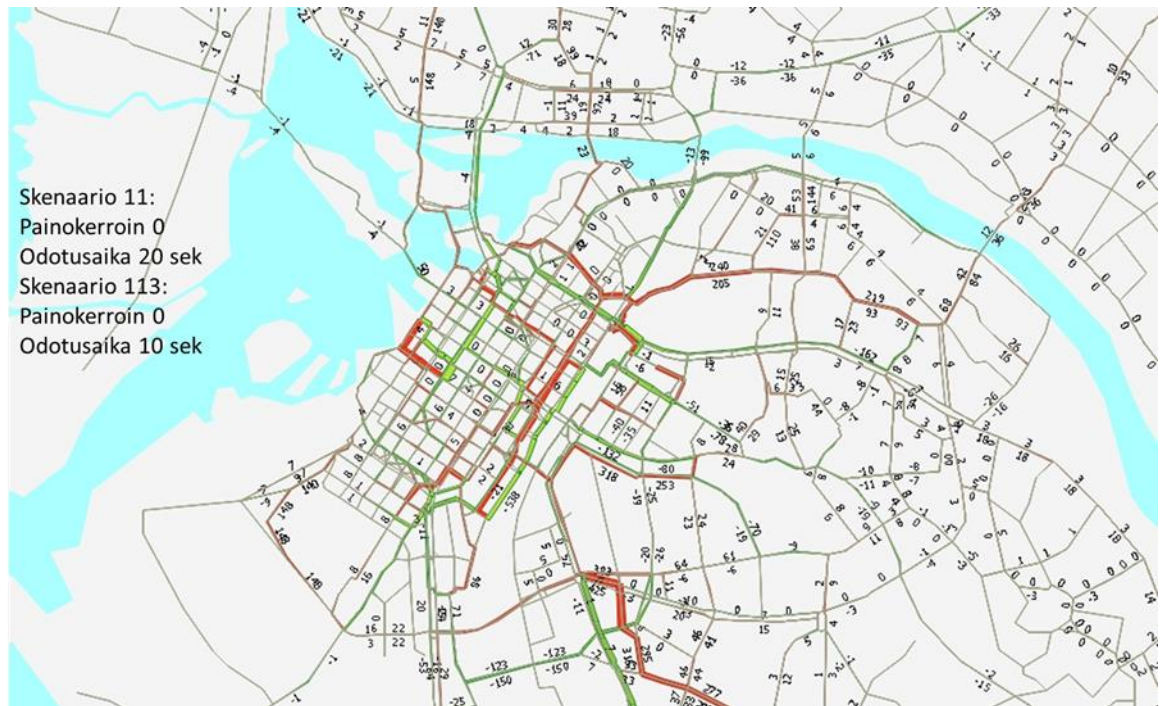


Kuva 66. Pelkästään matka-aikaan perustuva pyöräilijöiden reitinvalinta, skenaario 11.

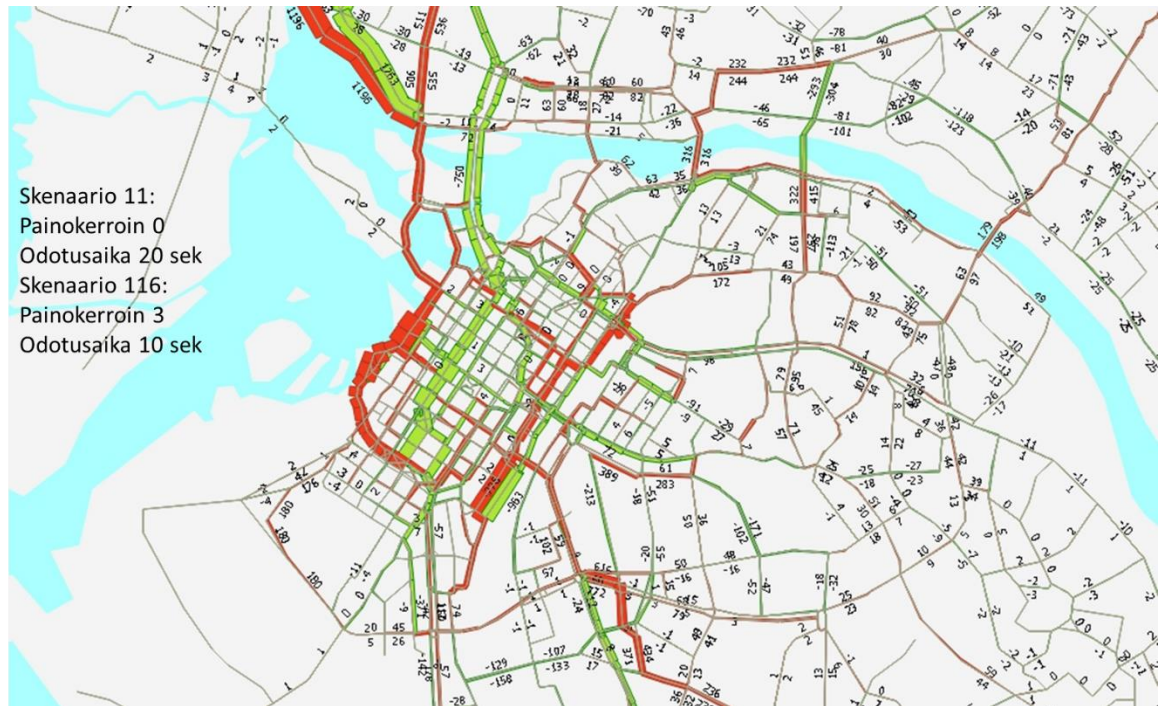
Tämän jälkeen muutettiin painokerrointa matka-ajan ja etäisyyden suhteen ja liikennevalojen viiveen arvoja ja testattiin niiden vaikutuksia reitinvalintaan. Lisäksi kokeiltiin, mikä vaikutus on risteyksillä, joissa liikennevalot ovat pyöräilijällä joka suuntaan vihreät ja jolloin pyöräilijä voi oikaista risteyksen poikki suoraan. Muita skenaarioita vertailtiin skenaario 11:een. Kuvissa 67, 68 ja 69 vertaillaan erotuskuvien avulla skenaariota 11 skenaarioihin 112, 113 ja 116. Kuvissa vihreä viiva kuvaa pyöräilijöiden siirtymistä punaisella viivalla merkityiltä reiteiltä. Mitä paksumpi viiva on, sitä enemmän pyöräilijöitä valitsee skenaarion mukaan reitin. Painokertoimen vaikutuksesta (kuva 67) pyöräliikenne ohjautuu nopeammalta, mutta hieman pidemmältä rantareitiltä lyhemmälle keskustan läpi oikaisevalle reitille. Liikennevalojen odotusajan puolittuessa (kuva 68) liikennevaloja sisältävä reitti saa hieman lisää houkuttelevuutta. Kun huomioidaan sekä painokertoimen että odotusajan vaikutus (kuva 69), niin yhteisvaikutus korostuu reitinvalintaan. Pyöräliikenne ohjautuu enemmän keskustan läpi ja lisää Merikosken siltojen käyttäjiä.



Kuva 67. Skenaarioiden 11 ja 112 erotuskuva.



Kuva 68. Skenaarioiden 11 ja 113 erotuskuva.



Kuva 69. Skenaarioiden 11 ja 116 erotuskuva

Muut reitinvalinnat ja vertailut skenaarioon 11 ovat liitteellä 5. Taulukossa 15 on luettelo kokeilluista vaihtoehdoista.

Taulukko 15. Eri tekijöiden vaikutusten testaus eri skenaarioissa.

Muuttuja / Skenaario	Sken11	Sken111	Sken112	Sken113	Sken114	Sken115	Sken116	Sken117	Sken118
Painokerroin 0	x			x		x		x	
Painokerroin 3			x				x		x
Painokerroin 5		x			x				
Odotus aika 20 sek	x	x	x			x			
Odotusaika 10 sek				x	x		x	x	x
Suojatie risteyksen poikki						x		x	x

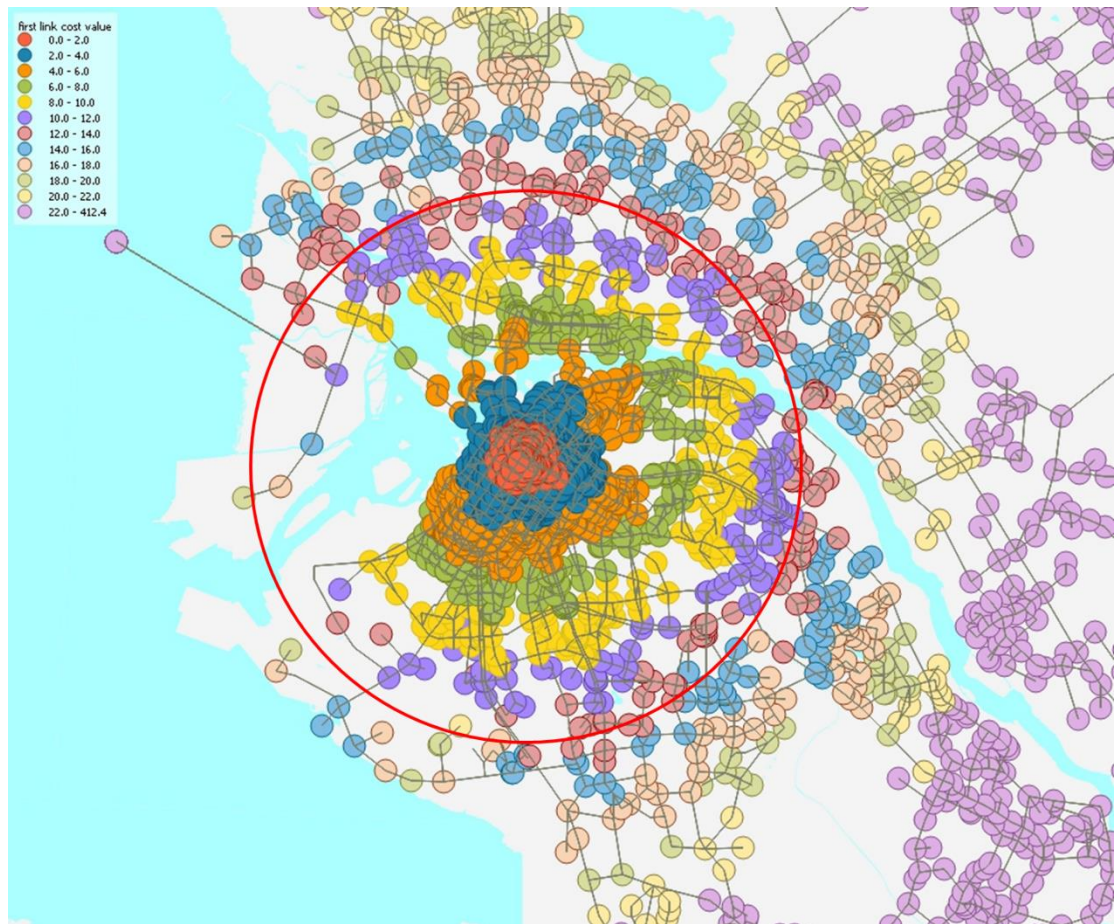
Eri skenaarioiden liikennemäärien sijoittelua vertailtiin vuosien 2013 ja 2015 liikennelasennan tuloksiin (taulukko 16).

Taulukko 16. Tutkittujen skenaarioiden pyöräilijämäärät prosenttiosuuksina eri mittauspisteissä, vertailuna KVL.

Mittauspiste	Sken2000	Sken11	Sken12	Sken111	Sken112	Sken113	Sken114	Sken115	Sken116	Sken117	Sken118	KVL2015
1. Limingantie yhteensä	107,0 %	110,7 %	68,7 %	89,7 %	101,9 %	122,6 %	92,8 %	110,6 %	106,5 %	119,9 %	106,9 %	100,0 %
2. Rautatienkatu yhteensä	214,7 %	396,8 %	168,9 %	314,9 %	328,4 %	361,8 %	274,7 %	396,9 %	183,1 %	368,8 %	312,7 %	100,0 %
Yhteensä	134,6 %	183,9 %	94,3 %	147,3 %	159,8 %	183,8 %	139,4 %	183,9 %	126,1 %	183,6 %	159,5 %	100,0 %
5. Pohjoinen alikäytävä yhteensä	82,9 %	54,3 %	53,4 %	25,1 %	54,4 %	56,8 %	54,2 %	54,3 %	53,7 %	56,8 %	53,7 %	100,0 %
3. Eteläinen alikäytävä yhteensä	52,1 %	12,5 %	34,7 %	25,6 %	27,4 %	24,5 %	41,8 %	22,5 %	38,0 %	24,5 %	36,9 %	100,0 %
4. Asematunneli yhteensä	38,1 %	88,3 %	89,8 %	106,9 %	99,1 %	101,1 %	101,3 %	88,3 %	101,9 %	101,0 %	101,9 %	100,0 %
15. Madetojan raitti yhteensä	88,2 %	102,2 %	100,6 %	93,0 %	96,1 %	96,7 %	88,1 %	102,2 %	86,0 %	96,9 %	87,2 %	100,0 %
Radan alitukset yhteensä	68,3 %	61,3 %	57,3 %	57,3 %	65,6 %	66,0 %	67,8 %	64,1 %	66,1 %	66,0 %	66,1 %	100,0 %
6. Tervaporvarin sillat yhteensä	150,1 %	57,3 %	39,1 %	44,6 %	47,1 %	51,9 %	42,2 %	57,3 %	44,1 %	51,9 %	44,6 %	100,0 %
13. Pikisaaren silta yhteensä	29,9 %	171,4 %	169,4 %	157,2 %	175,0 %	173,1 %	131,6 %	170,3 %	136,7 %	172,8 %	135,1 %	100,0 %
Tervaporvari ja Pikisaari yht.	101,2 %	103,8 %	92,1 %	90,4 %	99,2 %	101,3 %	78,6 %	103,3 %	81,8 %	101,1 %	81,4 %	100,0 %
7. Merikosken sillat yhteensä	33,8 %	65,3 %	90,2 %	105,2 %	82,8 %	74,9 %	133,4 %	66,4 %	126,7 %	75,4 %	127,6 %	100,0 %
8. Rautasilta yhteensä	48,4 %	175,5 %	86,6 %	128,5 %	141,0 %	181,0 %	133,6 %	175,5 %	145,0 %	180,9 %	145,0 %	100,0 %
9. Patosilta yhteensä	118,0 %	65,7 %	80,3 %	64,2 %	62,5 %	61,7 %	61,9 %	65,6 %	57,5 %	61,7 %	57,5 %	100,0 %
10. Kasarmintie yhteensä	106,9 %	109,8 %	109,8 %	110,4 %	104,8 %	114,2 %	115,0 %	109,7 %	111,4 %	114,2 %	111,4 %	100,0 %
11. Pohjantie yhteensä	177,8 %	90,4 %	90,4 %	134,1 %	131,1 %	90,9 %	129,8 %	91,5 %	128,0 %	90,9 %	128,0 %	100,0 %
12. Erkkolansilta yhteensä	162,4 %	176,5 %	176,5 %	165,1 %	166,3 %	175,1 %	164,4 %	176,5 %	165,8 %	175,1 %	165,8 %	100,0 %
Sillat yhteensä	107,1 %	108,6 %	103,5 %	107,4 %	107,1 %	109,1 %	107,8 %	108,7 %	107,7 %	109,1 %	107,7 %	100,0 %
Kaikki yhteensä	93,7 %	95,0 %	88,5 %	90,3 %	94,3 %	97,1 %	94,1 %	96,2 %	92,5 %	97,1 %	94,8 %	100,0 %

Taulukosta huomataan, että radanalitusten määrät ovat KVL2015 lukemiin verrattuna noin kolmasosan pienempiä. Tämä voi johtua siitä, että lähtötilanteen kuvauksessa on ohjattu pienempi liikennemäärä. Eteläisen alikäytävän selkeästi pienemmät liikennemäärät johtuvat Saaristonkadun liikennevalojen aiheuttamista viiveistä. Lisäksi Rautatienkadun pyöräilyväylän lukemat ovat skenaarioissa huomattavasti suuremmat kuin KVL:ssä. Tämä voi osittain johtua siitä, että mittaushetkellä pyöräilyväylän rakentaminen on ollut vielä osittain kesken johtuen alueen lukuisista rakennustyömaista.

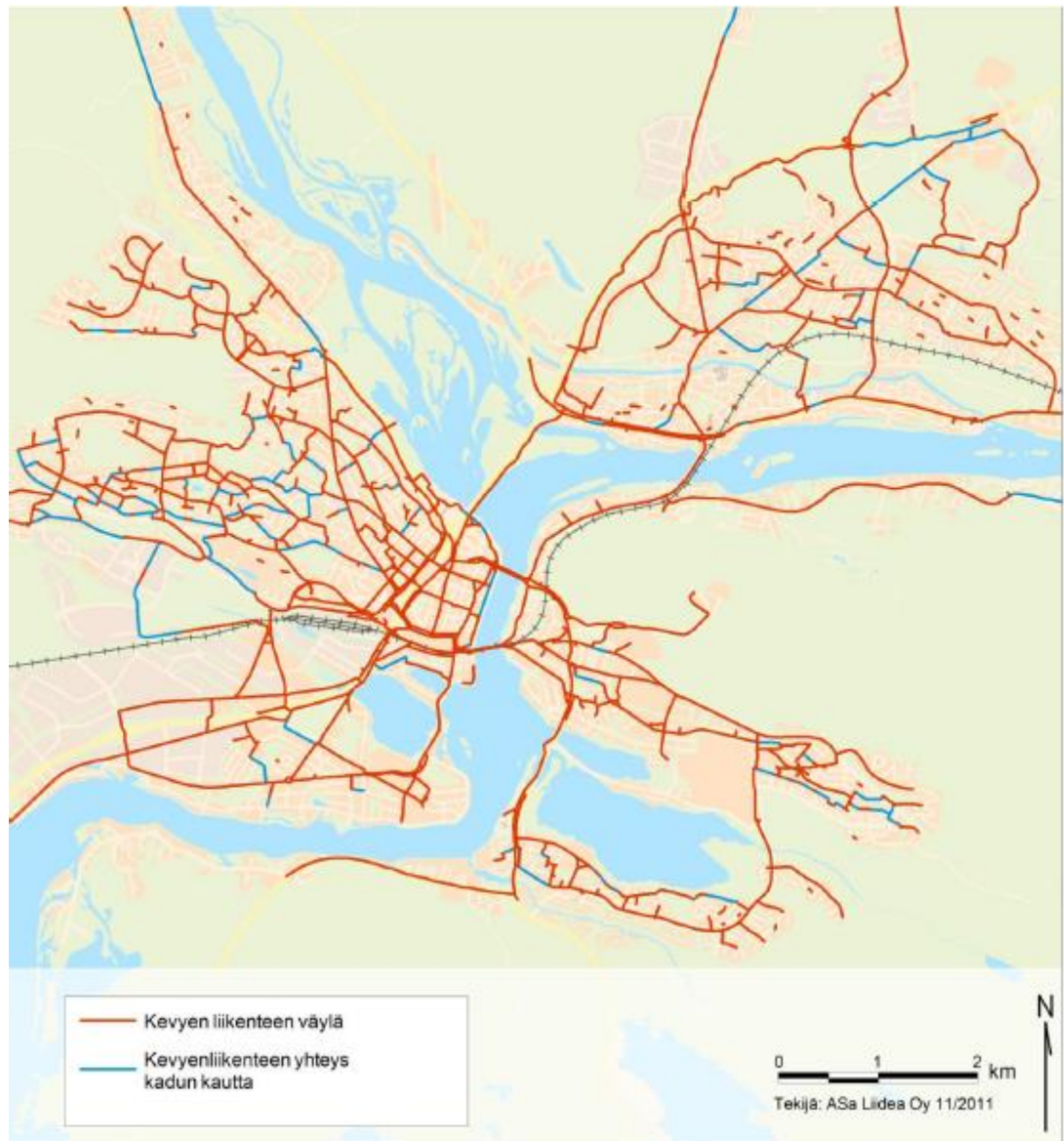
Kuvassa 70 on esitetty matka-aikaan perustuva saavutettavuus pyöräiltäessä Oulun keskustan Rotuaarin esiintymislavalta eri paikkoihin. Kuvassa on käytetty kahden minuutin matka-aikaeroja ja se on laadittu skenaario 11 mukaan. Liitteellä 6 on yhdyskuntarakenteen vyöhykkeet Oulun kaupunkiseudulla Ristimäen & Kalenon (2012) mukaan.



Kuva 70. Matka-aikaan perustuva saavutettavuus pyörällä Oulun keskustasta 2 min matka-aikaeroilla, ympyrän säde 3 km.

4.4.2 Rovaniemi

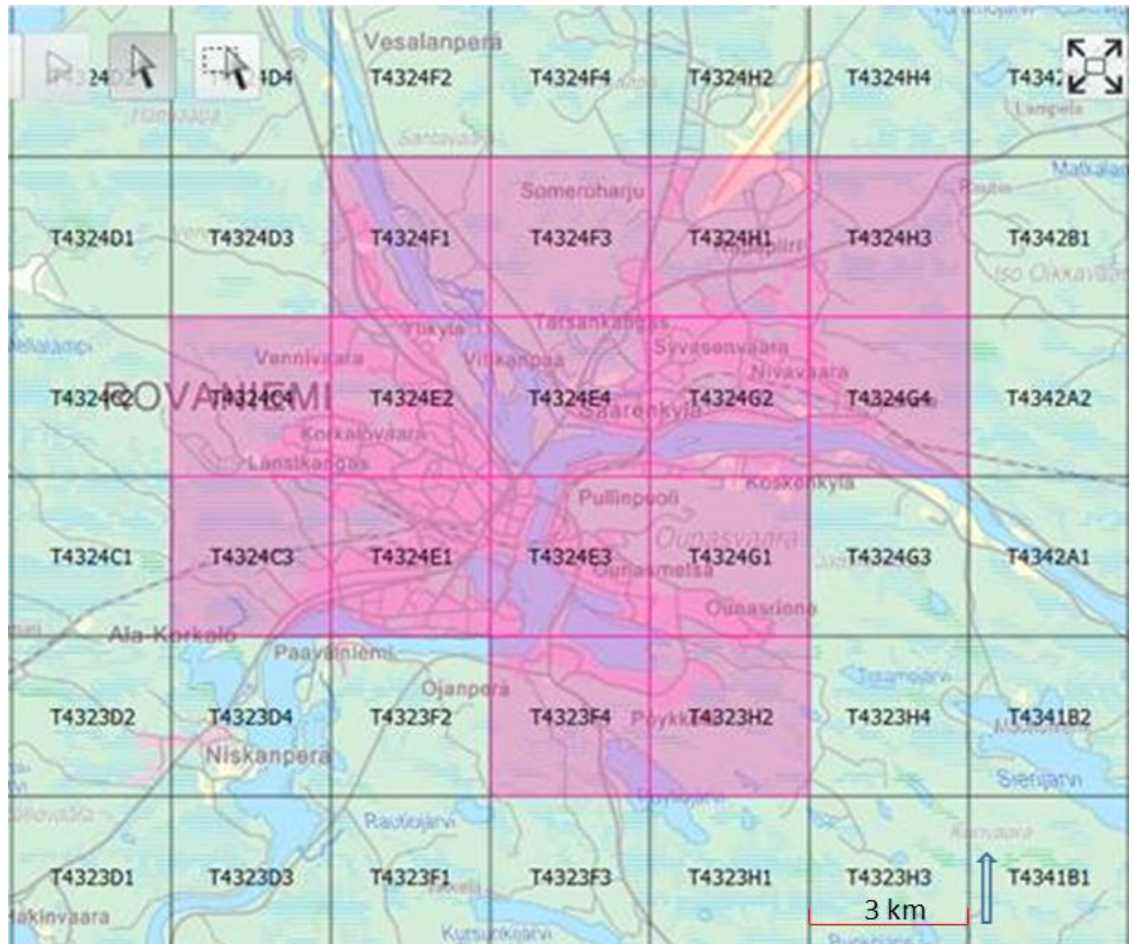
Kävelyn ja pyöräilyn käyttöön rakennettuja kaupungin ylläpitämiä jalankulku- ja polku-pyöräteitä Rovaniemellä on noin 123 km ja erillisiä jalankulkukäytäviä noin 13 km. Maanteiden yhteydessä väyliä on 110 km. (Liidea 2012)



Kuva 71. Rovaniemen pyörätieverkko vuonna 2011. (Liidea 2012)

Mäkisyyden vaikutuksia Rovaniemen pyöräilyn nopeuksiin ja liikennemääräennusteisiin testattiin Emme -ohjelmalla. Oulussa tehdyillä nopeusmittauksilla todettiin vuorokauden keskimääräiseksi pyöräilyn nopeudeksi tasaisella pyörätiellä noin 17,7 km/h. Tätä nopeutta käytettiin myös lähtöarvona arvioitaessa nopeuden muutoksia mäkisyyden vaikutuksesta Rovaniemellä.

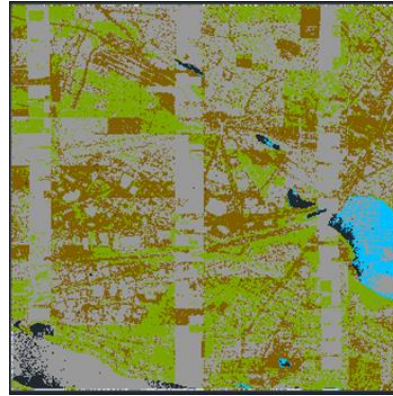
Korkeustietojen tuomiseen liikennemalliin tarvittiin maastomalli, jonka tekemiseen käytettiin Autodeskin Autocad Civil 3D 2015 ohjelmaa. Aluksi ladattiin laserkeilausaineisto maanmittauslaitoksen avoimen aineiston tiedostopalvelusta etrs-tm35fin – koordinaatistossa. Ladattuja aineistoja oli yhteensä 15 kappaletta (kuva 72), joista jokainen on 9 km² (3 km x 3 km). Laserkeilausaineistot oli pakattu LAZ-muotoon, jotka purettiin Lastool -ohjelmalla las-aineistoksi. Ladattu aineisto noudattaa ETRS-TM35FIN -koordinaatistoa.



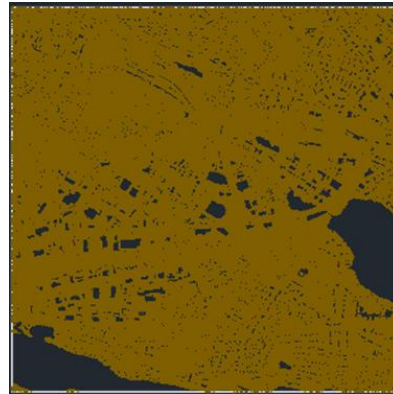
Kuva 72. Rovaniemen alueelta valitut laserkeilausaineistot. (Maanmittauslaitos)

Yhden pistepilviaineiston (T432E1) suoritusketju ja tuotetut mallit Civil 3D -ohjelmassa:

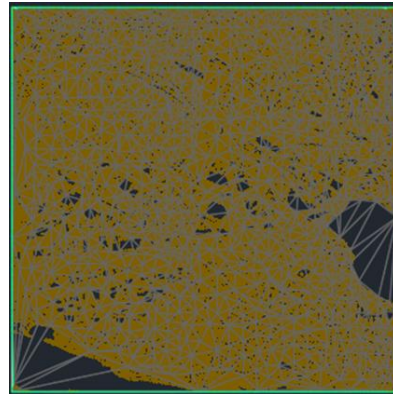
Luodaan pistepilviaineisto (.isd) Autocad Civil3D:llä las-tiedostosta.



Pistepilvestä suodatetaan maanpinnan pisteitä lukuun ottamatta kaikki muut pisteet pois. Maanpintapisteistä tehdään pintaobjekti.

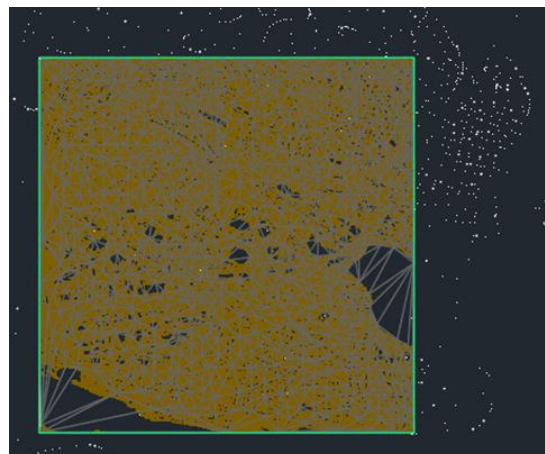


shp-tiedosto tuodaan blokkeina (sisältäen metadatan) maanpintamallin dwg-kuvaan. Epäsäännöllinen kolmioverkko kuvaa maanpintaa joukkona toisiinsa liitettyjä kolmiopintoja. Jokaisen kolmion kärkipisteestä tunnetaan x-, y- ja z-koordinaatit.



Korkotiedon sisältävät blokit tuodaan samaan kuvaan pintaobjektin kanssa.

Kirjoitetaan muokatut blokit ulos dwg-kuvasta shp-tiedostoksi. Valitaan exportoitavat ominaisuudet (Elevation, ID, X ja Y).



SHP-tiedoston käsittely excelissä:

- uloskirjoitettu SHP-tiedosto avataan DBF-tiedostona excelissä
- kootaan kaikki 15 karttaruudun tiedot samaan exceliin
- poimitaan excelistä kaikki solmupisteiden tiedot (esimerkki taulukossa 14)
- tehdään tiedoista CSV-tiedosto

CSV-tiedosto siirretään Emmeen, jossa tarkistetaan, että jokaisella solmulla on korkeus-tieto. Tämän jälkeen ohjelmaan syötetään nopeusfunktio. Seuraavaksi lasketaan linkin kaltevuus prosentteina. Ylämäki huomioidaan negatiivisena. Emmeen syötetään kaltevuuden laskentakaava:

$$ul2 = (ui1-uj1)/length/1000*100 * ((ui1*uj1).ne.0) \quad (19)$$

, jossa linkin päiden korkeudet ovat muuttujissa ui1 ja uj1

Seuraavaksi lasketaan nopeus kaltevuudesta kaavalla 20:

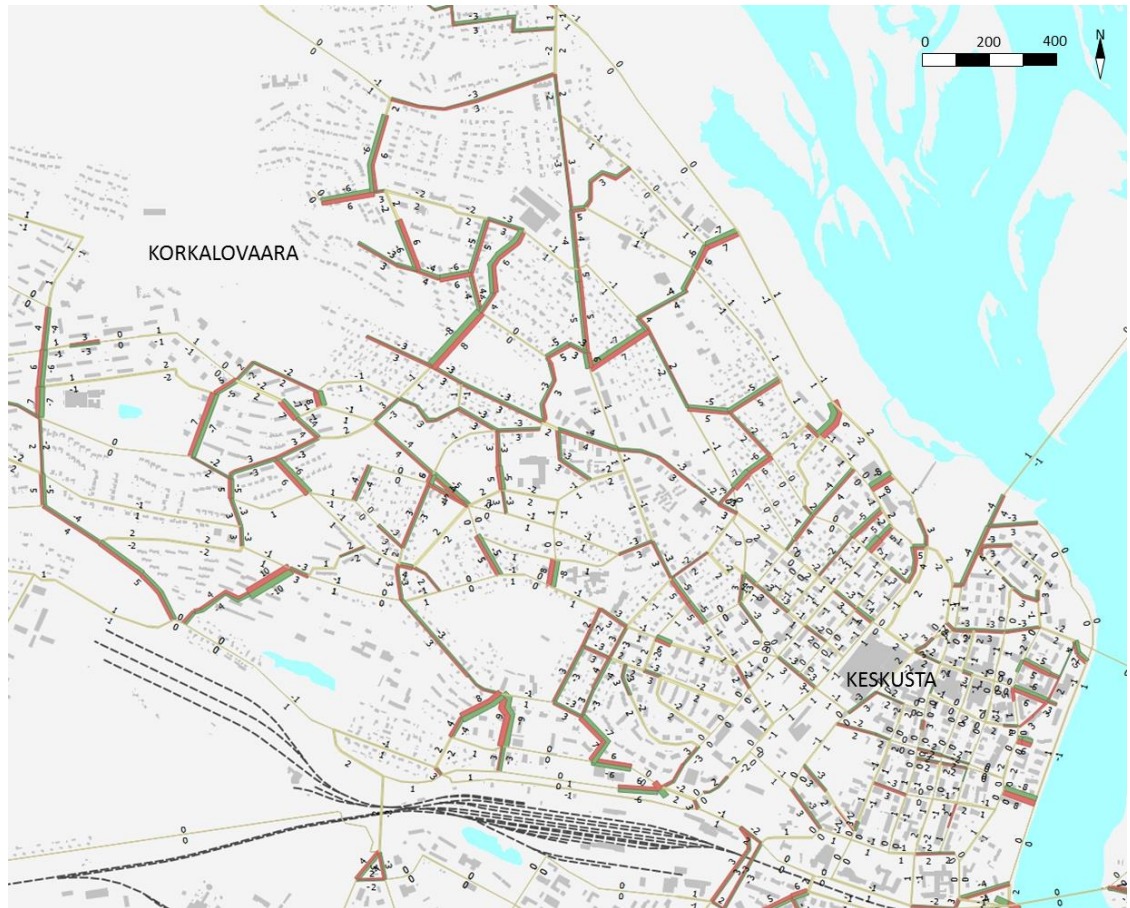
$$ul1 = ((3.\max.(17.7 + (ul2.lt.0) * (1.56 * ul2) + (ul2.gt.0) * (1.3 * ul2))).\min.35) \quad (20)$$

Emme laskee, mitkä ovat liikenneverkon tarjoamat ajassa mitatut lyhimmat reitit ohjelmalle annettujen lähtö- ja määräpaikkojen välillä.

Taulukko 17. Solmupisteiden tiedot, esimerkki.

jnode	ELEVATION	kork kok.luku	ID	X	Y	ascii
39	93,54	93	39,00	442827,88	7376099,15	m 39 , , , 93
40	89,20	89	40,00	442774,90	7375953,21	m 40 , , , 89
41	81,08	81	41,00	442392,03	7376061,14	m 41 , , , 81
42	77,94	77	42,00	442852,88	7375647,33	m 42 , , , 77
44	77,31	77	44,00	442970,83	7375431,42	m 44 , , , 77
45	80,28	80	45,00	442295,10	7375853,25	m 45 , , , 80
46	80,71	80	46,00	442616,97	7375812,26	m 46 , , , 80
47	79,89	79	47,00	442299,09	7375622,34	m 47 , , , 79

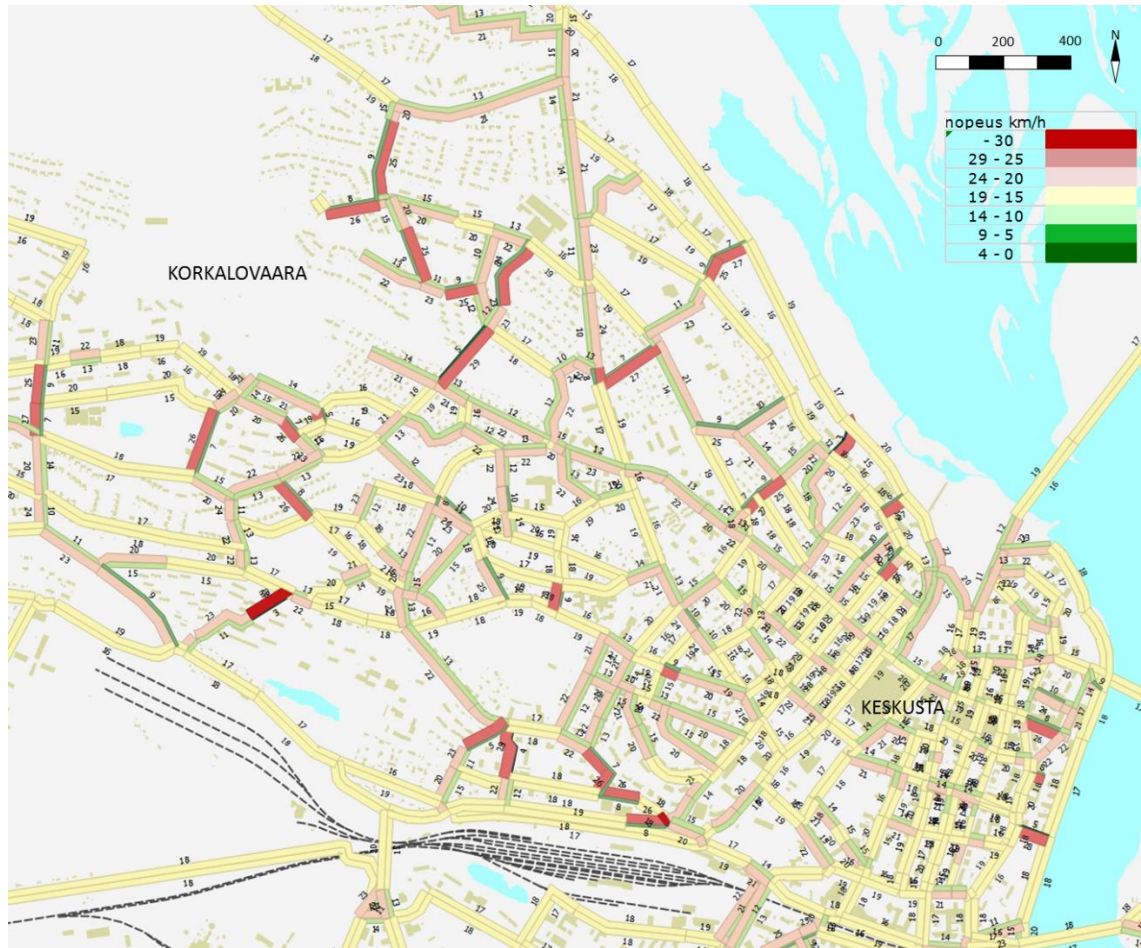
Kuvassa 73 on esitetty pyöräteiden kaltevuudet Rovaniemen keskustan ja Korkalovaaran alueella. Keltainen viivan väri kuvaa alle 2 %:n ylä- ja alamäkikaltevuuksia, vihreä väri kuvaa yli 2 %:n ylämäkikaltevuuksia ja punainen väri yli 2 %: alamäkikaltevuuksia. Mitä leveämpi viiva, sitä suurempi on jyrkkyys. Liitteellä 7 on kuvattu pyöräteiden kaltevuuksia laajemmalla alueella.



Kuva 73. Pyöräteiden kaltevuudet eri suuntiin keskusta - Korkalovaaran alueella.

Rovaniemellä on useita mäkiä, joiden kaltevuus on vähintään 5 %. Muutamissa mäissä päästään jopa 10 % keskimääräiseen kaltevuuteen.

Kuvassa 74 on esitetty laskennalliset arviot pyöräilynnopeuksista Rovaniemen keskustan ja Korkalovaaran alueella. Liitteellä 8 on näkyvissä nopeuden muutokset laajemmalla alueella.



Kuva 74. Pyöräilynopeudet [km/h] eri suuntiin keskusta - Korkalovaaran alueella.

Muutamassa mäessä pyöräilynopeus laskee skenaarion mukaan niin alhaiseksi, että pyörän taluttaminen mäkeä ylöspäin on ainoa vaihtoehto. Muutamissa alamäissä, jotka ovat sekä jyrkkiä että lyhyitä, nopeudet kasvavat skenaarion mukaan todellista kovemmiksi, sillä todellisuudessa risteysten takia joutuu jarruttamalla hidastamaan nopeutta.

Kuvassa 75 on kuvattu ennuste pyöräilijöiden määrien muutokselle keskustan ja Korkalovaaran alueella, kun mäkisyyden on huomioitu muutosparametrina. Punainen väri kuvaa pyöräilijöiden määrien kasvua ja vihreä väri vähenemistä. Viivan paksuus kuvaa muutoksen suhteellista suuruutta. Liitteellä 9 on ennuste pyöräilijöiden määrän muutoksesta laajemmalla alueella. Liitteellä 10 on kuvattu liikennemääräennusteet, kun kaikki pyörätiet on huomioitu tasaisina ja liite 11 kuvaa mäkisyyden vaikutuksia liikennemääräennusteisiin.



Kuva 75. Pyöräilijöiden liikennemäärän muutos [kpl] mäkisyys huomioituna keskusta - Korkalovaaran alueella.

Skenaario laskee reitinvalinnat matka-aikaan perustuen, jolloin liikenne ohjautuu jyrkkämäkisemmiltä pyöräteiltä tasaisemmille reiteille, esimerkiksi Kittiläntielle, jonka liikennemäärä kasvaa yli 60 %. Kairatien liikennemäärä laskee skenaarion mukaan noin 20 %.

5. YHTEENVETO JA PÄÄTELMÄT

5.1 Yhteenveto ja johtopäätökset

Tutkimuksen pääkysymyksenä oli selvittää, miten pyöräilyä voitaisiin edistää mallintamista hyödyntämällä. Ensin piti pohtia, miten asiaa voisi ja pitäisi lähestyä. Pyöräilijöitä ja pyöriä on monenlaisia ja heidän käyttäytymisensä poikkeaa autoilijoiden käyttäytymisestä.

Autoilijalla on selkeämpi käyttäytymismalli, joka johtuu asetetuista laeista ja nopeusrajoituksista sekä muiden kanssa-autoilijoiden käyttäytymisestä. Autoilija ajaa keskimäärin nopeusrajoitusten mukaisesti liikennevirran mukaan tasaista nopeutta riippumatta matkan tarkoituksesta ja vallitsevista olosuhteista.

Pyöräilijöillä ei ole samanlaista käyttäytymismallia, vaan pyöräilijä voi muuttaa ajokäyttäytymistään useita kertoja saman matkan aikana riippumatta muiden pyöräilijöiden käyttäytymisestä. Pyöräilijä voi matkan aikana muista pyöräilijöistä riippumatta vaihdella ajonopeuttaan, pysähtyä yllättäen, tehdä u-käännöksiä, muuttaa reittiä, nauttia hitaammasta nopeudesta kauniilla säällä, ajaa nopeammin sateen uhatessa tai vaikka pysähtyä kesken matkan keskustelemaan vastaantulevan tuttavan kanssa.

Pyöräilyn liikennemallin kehittäminen on paljon monimutkaisempaa kuin moottoriliikenteen, koska pyöräilijät käyttäytyvät yksilöllisemmin kuin autoilijat. Erilaisissa risteyksissä pyöräilijät käyttäytyvät eri tavalla. Selkeää käyttäytymismallia ei ole löytynyt. Ainoastaan työ- ja koulumatkapyöräilijöiden voisi olettaa pyöräilevän menomatallaan nopeinta ja suorinta reittiä kohteeseensa.

Tämän takia pyöräilyn liikennemallia ei voi tai on ainakin hyvin vaikea standardisoida. Siksi tässä liikennemallissa on keskitytty aamun huipputunteina tapahtuvaan työ- ja koulumatkapyöräilyn tarkasteluun. Vertailutiedoiksi kerättiin aineistoa myös muina aikoina. Tietoa ei koskaan voi kerätä liikaa, sillä mitä enemmän tietoa on, sitä tarkemmin malli saadaan kuvattua.

Tämän tutkimuksen tuloksena saatiin tarkempia tietoja pyöräilijöiden nopeuksista erilaisilla väylillä, erilaisten risteysten aiheuttamista viiveistä sekä mäkisyyden vaikutuksista ajonopeuksiin. Näistä tiedoista laadittiin matemaattiset funktiot, jotka vietiin Emme – tietokoneohjelmaan. Emmen avulla laskettiin liikenneverkossa tapahtuvan liikenteen sijoittuminen verkon väylille. Laaditun liikennemallin avulla voidaan valita kohteen mukaan tarvittavat parametrit ja tutkia niiden vaikutuksia pyöräilymatkojen määrään sekä matkojen pituuteen ja tarkempien matka-aikojen selvittämiseen. Liikennemalli toimii työkaluna pyöräilyn pääreittien priorisoinnissa ja sen avulla voidaan tuottaa liikenne-ennusteita erilaisiin liikenteen ja maankäytön suunnittelun tarpeisiin. Liikennemallilla voidaan myös simuloida

liikenteen kuormituksia reittikohtaisesti, jolloin saadaan informaatiota investointitarpeiden kohdentamiseen oikeisiin kehittämiskohteisiin.

Antamalla liikennemallille matemaattisesti lasketut funktiot ja arvot, reitinvalinta pyrkii pelkästään matka-aikaan perustuvassa mallissa välttämään keskustan liikennevalorikkaita alueita ja ohjaa reitin kiertämään hieman pitempää reittiä keskustan ohi. Kun malliin lisätään painokerroin vaikuttamaan etäisyyden hyväksi, liikenne ohjautuu lyhemmälle reitille ja oikaisee keskustan poikki. Sama vaikutus on liikennevalojen odotusajan lyhentämisellä. Vaikutus korostuu enemmän, kun painokerroin ja odotusajan lyheneminen huomioidaan yhtä aikaa. Koska jokainen kaupunki on yksilö, täytyy liikennemallia muokata kaupunkikohtaisesti muuttamalla painokertoimia ja odotusaikoja. Mallilla voidaan siis vaikuttaa teoreettiseen reitinvalintaan, mutta ei pyöräilijän päätökseen valita reitti itse kullekin matkalle. Mallilla voidaan laskea nykyisten reittien toimivuutta eri parametrien suhteen ja suunnitella myös uusien reittien pyöräilymatkojen ennustemääriä sekä matkojen pituutta ja tarkempia matka-aikoja. Liikennemallilla saadaan kuvaukset pyöräilyn pääreiteistä, ja sen liikenne-ennustetietoja voidaan hyödyntää erilaisten liikenteen ja maankäytön suunnittelun tarpeisiin sekä investointitarpeiden kohdentamiseen oikeisiin kehittämiskohteisiin.

Pyöräilyn kehittäminen on joka tapauksessa kaikille osapuolille kannattavaa. Niiden henkilöiden, jotka siirtyvät autoilijoista pyöräilijöihin, kunto kasvaa ja matkakustannukset pienenevät. Samalla autoliikenteen määrä vähenee jolloin se on sujuvampaa myös niille, jotka jatkavat autoilijoina.

Tutkimuksen muina kysymyksinä oli selvittää:

- Miten pyöriteiden häiriöpisteet saadaan kuvattua strategiseen liikennemalliin?
- Miten maaston korkeusvaihtelut voitaisiin ottaa huomioon pyöräilyn liikennemallissa?
- Mitä toimenpiteitä vaaditaan, jotta pyöräily tunnistettaisiin omana kulkumuotonaan liikennejärjestelmätyössä?

Risteysten ja liikennevalojen vaikutus

Tässä tutkimuksessa kuvattiin pyöräilijöiden viiveitä kaupunkikeskustan risteyksissä. Pyöräilijöiden viiveet muodostuvat nopeuden hidastamisesta ennen risteystä, odotusajasta risteyksessä ja nopeuden kiihdyttämisestä jälleen matkanopeuteen.

Vihreän valon kesto aika on kävelijöille ja pyöräilijöille pienempi kuin autoilijoille. Autoilijan kääntyessä liikennevaloristeyksessä vasemmalle tarvitsee pysähtyä korkeintaan vain kerran odottamaan valon vaihtumista. Pyöräilijä voi joutua odottamaan kahdesti, koska hän joutuu ylittämään kaksi pyörätien jatketta. Jos kaikista suunnista tuleville autoilijoille palaisi punainen valo yhtä aikaa ja pyöräilijöille vihreä valo, niin pyöräilijöille voitaisiin antaa oikeus ajaa risteys poikki.

Tässä tutkimuksessa tutkittiin sekä liikennevalottomien että liikennevalollisten risteyksien aiheuttamia viiveitä pyöräilijöille. Pyöräilijöille aiheutuneista viiveistä laskettiin keskiarvot ja niistä laadittiin eri risteystyyppejä kuvaavat viivefunktiot. Mitä enemmän viiveitä, sitä pitempi on matka-aika. Reitinvalinnalla pyritään ohjaamaan pyöräilijä matka-ajaltaan nopeimmalle reitille.

Korkeusvaihteluiden vaikutus

Tässä tutkimuksessa tehtiin karkea arviointi korkeusvaihteluiden vaikutuksista pyöräilyn nopeuksiin ja reitinvalintaan. Nopeuden mittaukset tehtiin kahdesta eri mäestä ja yhdeltä tasaiselta pyörätieltä. Nopeusmittaustuloksista kävi ilmi, että ylämäessä nopeus putoaa suhteellisesti enemmän kuin alamäessä kiihtyy. Ylämäessä nopeutta hidastava kerroin oli 1,96 ja alamäessä nopeutta kasvattava kerroin oli 1,48. Monipuolisempien ja varmempien mittaustulosten takia olisi nopeudet kannattanut mitata useammasta eri kaltevuudesta ja mahdollisesti kahdesta eri pisteestä samasta mäestä. Myös lumen ja jään vaikutukset nopeuksiin ja mäkien käyttöön pitäisi erikseen tutkia. Mitatuista tuloksista saatiin kuitenkin suuntaa antava tulos nopeusfunktion muodostamiseksi ja käytettäväksi tähän tutkimukseen.

Tutkimustulosten mukaan korkeusvaihteluilla on selkeä vaikutus reitinvalintaan. Pyöräilijöiden matka-aika pitenee mäkisillä reiteillä niin paljon, että he valitsevat mieluummin pidemmän ja tasaisemman reitin. Liikennemäärän kasvaessa saattaa matka-aika pidentyä ruuhkan vaikutuksesta ajonopeutta hidastavaksi, jolloin reitti muuttuu epäedullisemmaksi. Jatkuva eteneminen voi olla miellyttävämpää kuin jatkuva pysähtyminen jarrutuksineen ja kiihdytyksineen, mikä voi ohjata liikennettä reiteille, jossa on vähemmän häiriöpisteitä.

Tuloksia voidaan hyödyntää pyöräteiden ja eri reittien suunnittelussa. Rovaniemen pyöräilykarttoihin voidaan lisätä nyt myös niiden kaltevuus. Kaltevuuden lisääminen pyöräilykarttoihin helpottaa reitin valintaa varsinkin pidemmällä matkoilla. Tulosten avulla voidaan myös suunnitella uusia ja muokata nykyisiä pyöräilyn pääreittejä. Lisäksi tuloksia voisi mahdollisesti hyödyntää pyöräilyreittien kuvaamisessa eri palveluissa, esimerkiksi Google Mapsissa.

Pyöräilyn tunnistaminen omana kulkumuotona

Ajoneuvolain 19 § mukaan polkupyörä on ajoneuvo ja pyöräilijä on siis ajoneuvon kuljettaja. Polkupyöräilijöitä koskevat samat liikennesäännöt kuin autoilijoitakin, mutta polkupyöräilijöille on olemassa omia sääntöjä. Liikennesuunnittelussa polkupyöräilijät rinnastetaan kävelijöiden kanssa samaan ryhmään, sillä hyvin usein he käyttävät samaa väylää kulkemiseen. Pyöräilyn roolin kasvattaminen ja merkitys maankäytön suunnittelussa ja eri strategioissa ovat keskeisiä tekijöitä pyöräilyn huomioimiseksi omaksi kulkumuodokseen. Pyöräilyä ja pyöräilijöitä koskevissa päätöksissä tulisi pyöräilyn asema nostaa tasavertaiseksi muiden kulkumuotojen kanssa. Tarkemmat pyöräilyvyöhykkeet tulisi myös saada mukaan YKR –aineistoihin, sillä monilta joukkoliikenne- ja autokaupunkivyöhykkeeltä

pyöräily on nopein kulkutapa. Nykyinen pyöräilyvyöhyke Oulun keskustasta on laitettu vain noin kolmen kilometrin säteelle.

Muiden tekijöiden vaikutus

Tässä tutkimuksessa ei huomioitu liikennemallin reitinvalintaan liittyviä muita seikkoja, kuten esimerkiksi maisemavaikutuksia (nähtävyydet) ja kuntoilua.

PÄÄTELMIÄ JA MIETINTÖJÄ

Pyöräilijöiden liikennekäyttäytymistä voidaan ohjata kaupungeissa ainoastaan suunnittelemalla pyöräilyverkosto niin, että pyöräilijä voi ajaa turvallisesti ja muun liikenteen estämättä. Keskikaupunkialueen liikenneverkosto olisi rakennettava kävelyn ja pyöräilyn ehdoilla. Monen kaupungin keskustan ajoväyliä voitaisiin muuttaa hidaskaduiksi. Moottoriajoneuvoliikenne tulisi ohjata kulkemaan pääväyliä ja mahdollistaa riittävä pysäköintimahdollisuus keskustan ulkopuolelle. Pyöräilystä tulisi tehdä nopein tapa liikkua kaupunkialueilla.

Viime aikoina onkin ollut paljon puhetta liikennekäyttäytymisestä. Autoilijoiden ja pyöräilijöiden keskinäinen käyttäytyminen on aiheuttanut lukuisia riita- ja onnettomuustilanteita. Myös niin sanotut trikoo-ohjukset ovat kovilla nopeuksillaan herättäneet närästystä kävelijöiden parissa. Ei siis ihme, että poliisi on ehdottanut pyöräilyn maksiminopeudeksi 25 km/h.

Laatikkopyörät ja muut tilaa vievät pyörät tulisi huomioida risteyssäteitä suunniteltaessa, jotta niillä olisi mahdollista ylittää risteykset turvallisesti.

5.2 Jatkotutkimusehdotuksia

Tässä luvussa esitetään jatkotutkimusehdotuksia pyöräilyn liikennemallin parantamiseksi ja pyöräilystä saatavan informaation lisäämiseksi.

Tässä tutkimuksessa tehtiin internetissä täytettävä kysely, jolla kerättiin tietoa projektin kohdekaupunkien pyöräilijöiden tottumuksista, pyöräilyväylistä ja reitinvalintaan. Tätä tutkimusta voitaisiin laajentaa ja siten saada lisää tietoa pyöräilijöiden käyttäytymismalleista. Pyöräilijöiden käyttäytymismalleja voitaisiin tutkia eri pyöräilijäryhmien näkökulmasta.

Autoliikenteen nopeutta voitaisiin pudottaa kaupunkikeskustassa niin, että se olisi maksimissaan 30 km/h. Samalla voisi kokeilla pyöräilyn pääväylien liikennevaloetuksia ja niiden vaikutuksia kokonaisliikenteen sujuvuuteen. Vaihtoehtona on liikennevalojen kiertoajan lyhentäminen. Vähäliikenteisemmistä keskustakaduista voitaisiin tehdä hidaskatuja. Pyöräilyn pääreiteillä ja muilla tärkeillä reiteillä tulee olla ilmaisimet (tutka tai infrapuna), tai saada vihreä ilman erillistä pyyntöä.

Jatkossa olisi mielenkiintoista tutkia myös lumen ja jään vaikutuksia pyöräilynopeuksiin ja kitkakertoimen pienenemiseen. Nämä tekijät voitaisiin huomioida myös nopeusfunktiossa ja kiihtyvyysfunktiossa tai energiankulutukseen perustuvassa arvioinnissa.

Oulun keskustaan kaukolämpötoiminen aina sulana oleva pyörätie? On laskettu, että Rotuaarin sulanapito tulee maksamaan koko vuoden osalta 12 euroa per neliömetri vuoden 2011 hintatasolla. Sulanapidon kustannukset jakautuvat Rotuaarilla kiinteistöille ja kaupungille. Kadun puhtaanapidon kiinteistöt maksavat edelleen puoliksi. Tästä voisi tutkia sulanapidon vaikutuksista liukastumisten määrään ja niiden aiheuttamiin kustannuksiin. Vähentääkö sulanapito onnettomuuksia ja jos vähentää, kuinka paljon tulee säästöä hoitokustannuksista? Kannattaako kaukolämpöä ja varsinkin paluulämpöä hyödyntää pyöräteiden sulapitoon?

Yhtenä jatkotutkimusehdotuksena on energiankulutukseen perustuva saavutettavuuden arviointi (Bikeshed Analysis). Saavutettavuuden arviointiin pitäisi ehdottomasti sisällyttää myös häiriöpisteiden vaikutukset. Ylimääräiset pysähtymiset, nopeuden hidastamiset ja kiihdyttämiset vaikuttavat matka-aikaan ja energiankulutusta lisäävästi.

Seuraavana ehdotuksena on mäki-indeksin määrittely. Mäki-indeksiä voidaan hyödyntää kuvaamaan pyöräilyreittien keskimääräistä mäkisyyttä.

Pyöräilyväylien yhtenäinen laatuluokittelu, standardointi ja tietojen siirto digitaaliseen tietomalliin. Tietomalli voisi olla julkinen sovellus, johon voitaisiin siirtää tarvittavaa tietoa.

HEAT –työkalun hyödyntäminen Oulussa ja Rovaniemellä. Työkalulla voidaan laskea pyöräilyn kuolleisuutta vähentävä vaikutus ja sitä kautta saatava taloudellinen hyöty.

Polkupyörä bussiin! Tämä on mahdollista jo nyt, mikäli bussissa on tilaa. Taittopyörät kulkevat helposti mukana. Jos busseihin varattaisiin tietty tila pyörille ja sitä myös mainostettaisiin, niin tuloksena voisi olla molempien kulkutapojen käytön lisääntyminen. Vaatii matkaketjujen suunnittelua ja markkinointia.

Viimeisinä jatkotutkimusaiheina ovat liikennevalojen odotustilojen tutkiminen ja niiden muutosmahdollisuuksien selvittäminen sekä liikennemerkkien ja maalausten vaikutusten selvittäminen pyöräilijöille merkittyjen väylien käyttöön.

LÄHTEET

- Airaksinen, N., Ansio, V. Pyöräilystä valtava taloudellinen hyöty. Poljin 1/2014, s.6
- Andersen, J. 2015. This is Why You Are Cycling Slower in the Winter. Saatavissa (viitattu 7.9.2015): <http://www.icebike.org/this-is-why-you-are-cycling-slower-in-the-winter/>
- Ansio, V. 2015. Joensuun talvipyöräilyagentit. Poljin 2/2015, s.13
- Antikainen, H., Kotavaara, O., Rusanen, J. 2012. Saavutettavuuksien alueellinen mo-saiikki Suomessa. Espon tekee tulosta. Nordia tiedonantoja 1/2012 s. 29-41. Pohjois-Suomen maantieteellisen seuran ja Oulun yliopiston maantieteen laitoksen julkaisuja.
- Broach, J., Gliebe, J., & Dill, J. 2011. Bicycle route choice model developed using re-vealed preference GPS data. In Transportation Research Board 90th Annual Meeting, 23-27 January 2011. Saatavissa (viitattu: 31.8.2015): http://ppms.otrec.us/media/pro-ject_files/TRB2011_Bicycle%20route%20choice%20model%20develo-ped%20using%20revealed%20preference%20GPS%20data.pdf
- Burrows, T. 2015. Thermal cameras will watch for waiting cyclists and turn traffic lights green. DailyMail 6.6.2015. Saatavissa (viitattu 29.7.2015): <http://www.dai-lymail.co.uk/news/article-3113306/Thermal-cameras-watch-waiting-cyclists-turn-traffic-lights-green.html>
- Cervero, R. & Sarmiento, O. L. & Jacoby, E. & Gomez, L. F. & Neiman, A. 2009. In-fluences of built environment on walking and cycling: lessons from Bogotá. Internati-onal Journal of Sustainable Transportation 3(4), s. 203–226.
- Copenhagenize. 2014. The Green Waves of Copenhagen. Saatavissa (viitattu 17.8.2014): <http://www.copenhagenize.com/2014/08/the-green-waves-of-copenha-gen.html>
- Cycling Embassy of Denmark. 2012. Collection of cycling concepts 2012. Cycling Embassy of Denmark. Copenhagen, Denmark.
- de Haan, D., Zeegers, T., van der Linden, P. 2003. The bicycle-friendly traffic lights. Verkeerskunde 10/2003. s. 32-37. Saatavissa: <http://www.fietsber-aad.nl/?lang=en&repository=Bicycle-friendly+traffic+lights>
- Dezeen Magazine. 2013. Bikers Rest by Marcus Abrahamsson for Nola. 12.2.2013 Saatavissa: <http://www.dezeen.com/2013/02/12/bikers-rest-by-marcus-abrahamsson-for-nola/>

European Commission. 2001. White paper. European transport policy for 2010: time to decide. Commission of the European communities. Brussels 12.9.2001. Belgium.

European Commission. 2007. Green paper. Towards a new culture for urban mobility. Commission of the European communities. Brussels 25.9.2007. Belgium.

European Commission. 2011. Accompanying the White Paper. Roadmap to a Single European Transport Area – Towards a competitive and resource efficient transport system. European Commission. Brussels 28.3.2011. Belgium.

Gupta, S., Vovshan, P. 2014. Incorporating cycling in Ottawa-Gatineau travel mode. Saatavissa (viitattu 22.8.2015): <http://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/conferences/2014/ITM/Presentations/Wednesday/BicyclesPedForecasts/sGupta.pdf>

Helsingin kaupunki. 2012. Pyöräliikenteen suunnitteluohje, Osa 1 (2). Saatavissa (viitattu 16.9.2015): http://www.hel.fi/hel2/ksv/Aineistot/Liikennesuunnittelu/pyorailiikenteen_suunnitteluohje_1.pdf

Heltimo, J. 2015. Rovaniemen kävelyn ja pyöräilyn kehittämissuunnitelma. Asukaskyselyn tuloksia. Strafica Oy. Saatavissa (viitattu 1.8.2015): <http://www.rovaniemi.fi/loader.aspx?id=56bf27ce-0896-4caf-82cd-8d733ef6810e>

Hirvonen, M. 2015. Vuoden pyöräilijä on todellinen edelläpolkija. Poljin 3/2015. s. 6-7. Saatavissa (viitattu 7.8.2015): <http://www.poljin.fi/fi/poljin-lehti>

Hood, J., Sall, E., Charlton, B. 2011. A GPS-based bicycle route choice model for San Francisco, California. The International Journal of Transportation Research 3/2011 pp. 63-75. Saatavissa (viitattu: 31.8.2015): <http://www.sfcta.org/sites/default/files/content/IT/CycleTracks/BikeRouteChoiceModel.pdf>

Hutzwit, G. 2011. Urbanized. Video. Saatavissa: <http://www.hutzwit.com/category/urbanized/>

Inayathusein, A., Hollander, Y. 2013. Modelling Cycling in London. TfL Planning. Saatavissa (viitattu 21.8.2015): <http://modellingonthemove.org/>

INRO. 1998. Emme/2 User's Manual Software Release 9.

Iseki, H., Tingstrom, M. 2013. A New Approach in the GIS Bikeshed Analysis with Consideration of Topography, Street Connectivity, and Energy Consumption. Transportation Research Board Annual Meeting 2013. Paper #13-1774. Saatavissa: <http://trid.trb.org/view.aspx?id=1241168>

Jian, H., Wen, T., Jian, P., Han, H. 2013. Research on cyclists microscopic behavior models at signalized intersection. 16th Road Safety on Four Continents Conference.

Beijing, China 15-17 May 2013. Saatavissa: <http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:758364/FULLTEXT01.pdf>

Joensuun kaupunki. 2014. Joensuun seudun kävelyn ja pyöräilyn strategia 2020. Saatavissa (viitattu 30.7.2015): <http://www.joensuu.fi/kavely-pyoraily-mopoilu>

Kalenoja, H., Kiiskilä, K. 2010. Oulun seudun liikennetutkimus 2009. Yhteen-vetoraportti. Saatavissa: <http://wp.oulunliikenne.fi/wordpress/julkaisut/liikennejarjestelma/>

Kalenoja, H. & Vihanti, K. & Voltti, V. & Korhonen, A. & Karasmaa, N. 2008. Liikennetarpeen arviointi maankäytön suunnittelussa. Suomen ympäristö 27/2008. Ympäristöministeriö. Helsinki

Kanninen, V. & Kontio, P. & Mäntysalo, R. & Ristimäki, M. 2010. Autoriippuvainen yhdyskunta ja sen vaihtoehdot. Yhdyskuntasuunnittelun tutkimus- ja koulutusk-eskuksen julkaisuja B 101. Aalto-yliopisto, Teknillinen korkeakoulu. Espoo, Finland.

Karvinen, S. 2012. Pyöräilyn väistämissääntöjen tuntemus. Liikenneturvam tutkimusmonisteita 116/2012. Liikenneturva. Helsinki. Saatavissa: https://www.liikenneturva.fi/sites/default/files/materiaalit/Tutkitua/Tutkimukset/2012_vaistamissaantotuntemus.pdf

Kokkolan kaupunki. 2013. Kokkolan pyöräilykaupunkiohjelma. Saatavissa: http://www.kokkola.fi/hallinto/kaupungin_strategiat/pyorailykaupunkiohjelma/

Kokkolan kaupunki. 2011. Kokkolan kevytliikenneverkko 24.11.2011. Saatavissa: http://www.kokkola.fi/palvelut/liikenne/kevytliikenne/fi_FI/kevytliikennevaylat/

Krcmar, S. 2015. Cities are exploring innovative, bike-friendly traffic light tech. Outside Magazine 25.6.2015. Saatavissa (viitattu 29.7.2015): <http://www.outside-online.com/1993201/cities-explore-innovative-bike-friendly-traffic-light-tech>

Liidea. 2012. Rovaniemen liikennejärjestelmä 2030. Saatavissa: http://www.lappi.fi/lapinliitto/c/document_library/get_file?folderId=919338&name=DLFE-16152.pdf

Liikenneturva 2015. Pyöräilijöiden henkilövahingot tieliikenteessä. Tilastokatsaus. Saatavilla: https://www.liikenneturva.fi/sites/default/files/materiaalit/Tutkittua/Tilastot/tilastokatsaukset/tilastokatsaus_pyorailijat.pdf

Liikennevirasto 2014. Jalankulku ja pyöräilyväylien suunnittelu. Liikenneviraston ohjeita 11/2014.

Liikennevirasto 2013. Jalankulku- ja pyöräilyväylien edulliset ratkaisut. Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 28/2013

Liikennevirasto 2012. Henkilöliikennetutkimus 2010 – 2011. Suomalaisten liikkuminen. Saatavissa: <http://portal.liikennevirasto.fi/sivu/www/f/aineistopalvelut/verkkopalvelut/henkiloliikennetutkimus/julkaisut#.VbuLrK0mm0U>

Liikenne- ja viestintäministeriö. 2011. Kävelyn ja pyöräilyn valtakunnallinen strategia 2020. Ohjelmia ja strategioita 4/2011. Saatavissa: <http://www.lvm.fi/julkaisu/1243726/kavelyn-ja-pyorailyn-valtakunnallinen-strategia-2020>

Litman, T. 2012. Evaluating Non-Motorized Transportation Benefits and Costs. Victoria Transport Policy Institute. Transportation Research Board. Saatavissa: <http://www.vtpi.org/nmt-tdm.pdf>

Luukkonen, T., Vaismaa, K. 2013. Pyöräilyn lisääntymisen yhteys turvallisuuteen. Liikenneturvan selvityksiä 1/2013.

Luukkonen, T. Mäkelä, T., Pöllänen, M., & Kalenoja, H., Mäntynen, J., Rantala, J. 2012. Henkilö- ja tavaraliikenteen kehityskuva 2035. Taustaraportti liikennepoliittiseen keskusteluun. Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 36/2012. Helsinki: Liikennevirasto.

Maanmittauslaitos. Avoimien aineistojen tiedostopalvelu. Maanmittauslaitoksen latauspalvelu. Laserkeilausaineisto <https://tiedostopalvelu.maanmittauslaitos.fi/tp/kartta>

Majumbar, B.B., Mitra, S. 2013. Investigating the relative influence of various factors in bicycle mode choice. ScienceDirect. Procedia – Social and Behavioral Sciences 104 (2013) pp. 1120-1129. Saatavissa: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877042813045990>

Mercat, N. 1999. Modelling of bicycle journeys: using energy expended rather than journey time or distance. Proceedings of Velo City, the 11th International Bicycle Planning Conference. Graz, Austria. 13-16 April. pp. 557-561.

Metsäpuro, P., Vaismaa, K., Karhula, K., Luukkonen, T., Mäntynen, J., Rantala, T. 2014. Vaihdetta isommalle - Pyöräilyn potentiaalin hyödyntäminen. Tampereen teknillinen yliopisto. Liikenteen tutkimuskeskus Verne. Tampere 2014

Motiva. 2013. Viisaan liikkumisen rahoitettavat hankkeet 2013. Oulun seutu ympäri-
vuotisen pyöräilyn malliksi. Saatavissa: http://www.motiva.fi/liikenne/viisaan_liikkumisen_edistaminen/viisaan_liikkumisen_hankkeet/liikkumisen_ohjauksen_valtionavustus/rahoitettavat_hankkeet_2013/oulun_seutu_ymparivuotisen_pyorailyn_malliksi

Myllylä, M. 2015. Vaikuttaminen kävelyn ja pyöräilyn hyväksi. Hiljainen tieto käyttöön. RD Aluekehitys Oy. ISBN 978-952-99539-4-3

Myllylä, M. 2012. Liikennementori. Saatavissa (viitattu 7.8.2015): <https://liikennementori.wordpress.com/2012/10/02/oulun-pyoraliikenteen-ensietapit/>

NACTO. National Association of City Transportation Officials. UrbanStreet Design Guide. Signal Cycle Lengths. Saatavissa (viitattu 21.8.2015): <http://nacto.org/publication/urban-street-design-guide/intersection-design-elements/traffic-signals/signal-cycle-lengths/>

National Transport Authority. 2011. National Cycle Manual. Saatavissa (viitattu 28.8.2015) : <http://www.nationaltransport.ie/publications/cycle-manual/>

Oulun kaupunki. 2006. Oulun seudun liikennevalot 2020. Yleissuunnitelma. Saatavissa: http://www.ouka.fi/c/document_library/get_file?uuid=c46bf647-64b0-4f9f-896f-310f4b8d2daf&groupId=64248

Oulun kaupunki. 2015. Oulun keskustan pyöräilyn ja kävelyn kehittäminen. Oulu 2015.

Oulun kaupunkisuunnittelu. 2015. Oulun seudun liikennejärjestelmäsuunnitelma 2030. Oulun kaupunki 2015. Sarja A 220. ISSN 0357-8194. Saatavissa: <http://wp.oulu-liikenne.fi/wordpress/julkaisut/liikennejarjestelma/>

Parkin, J. 2004. Determination and measurement of factors which influence propensity to cycle to work

Parkin, J., Rotheram, J. 2010. Design speeds and acceleration characteristics of bicycle traffic for use in planning, design and appraisal. Transport Policy 17 (2010) pp. 335–341.

Parkin, J., Wardman, M., Page, M. 2008. Estimation of the Determinants of Bicycle Mode Share for the Journey to Work using Census Data. Transportation, Volume 35, Issue 1, pp.93-109. Saatavissa: http://eprints.whiterose.ac.uk/4043/2/Parkin_paper_with_cover_secure.pdf

Pitkänen, K. Pyöräilijät saamassa oikeuden ajaa ensin. Kaleva 4.7.2015 Auto ja liikenne s. 42-43

Poljin. 2014. Pyöräilykuntien verkosto. Joensuu on vuoden pyöräilykunta. Saatavissa (viitattu 30.7.2015): <http://www.poljin.fi>

Pucher, J., Dill, J., Handy, S. 2010. Infrastructure, programs and policies to increase bicycling: An international review. Preventive Medicine 50, pp. 106–125.

Ramboll Group. Saatavissa (viitattu 18.9.2015): <http://www.ramboll.com/projects/rdk/green-wave-for-cyclists>

Rietveld, P., Daniel, V. 2004. Determinants of bicycle use: do municipal policies matter? *Transportation Research Part A* 38, pp. 531–550.

Ristimäki, M., Kalenoja, H. 2012. Yhdyskuntarakenteen vyöhykkeet maankäytön ja liikenteen suunnittelumenetelmänä. Oulun UZ Road Show 13.11.2012, Oulu. Saatavissa (viitattu 6.10.2015): http://www.mal-verkosto.fi/filebank/504-UZ__Oulu_Road_show_Ristimaki_ja_Kalenoja_1311_2012.pdf

Rissanen, R., Rehunen, A., Kalenoja, H., Ahonen, O., Mäkelä, T., Rantala, J., Pöllänen, M. 2013. ALLI-kartasto. Suomen aluerakenteen ja liikennejärjestelmän kehityskuvan pohjustus. Helsinki 2013.

Roberts. K.S. 2014. Measuring Hilliness of Routes. Saatavissa (viitattu 26.7.2015): <http://www.roberts-1.com/bikehudson/r/m/hilliness/>

Rovaniemen kaupunki. 2015. Kävelyn ja pyöräilyn kehittämissuunnitelma. Saatavissa (viitattu 31.7.2015): <http://www.rovaniemi.fi/news/Kavelyn-ja-pyorailyn-kehittamissuunnitelma/okfg0nbz/9ca1fca3-d50a-4680-9081-1f5988080b6f>

Shen, Q., Chen, P., Schmiedeskamp, P., Bassok, A., Childress, S. 2014. Bicycle Route Choice: GPS Data Collection and Travel Model Development. Saatavissa (viitattu: 31.8.2015): <http://ntl.bts.gov/lib/52000/52800/52839/PacTrans-19-625083-Shen-Qing-Small-Project.pdf>

Sierzega. 2006. Sierzega GR32/GR42 - käyttöohje. Sierzega Elektronik GmbH

Sito Oy. 2013. Joensuun seudun liikennejärjestelmäsuunnitelman päivitys 2013. Saatavissa: <http://www.ely-keskus.fi/documents/10191/168786/Joensuun+seudun+ljs+p%C3%A4ivitys+2013/06b72b42-ff58-45c2-8509-bb30dcb55055>

Sito Oy. 2015. Yleiskaavaehdotuksen vaikutusten yleisarviointi. Uuden Oulun yleiskaava. Saatavissa: http://www.ouka.fi/c/document_library/get_file?uuid=c8b3e22a-db32-408e-ac9f-d12c9351a5aa&groupId=64220

Somerpalo, S., Kallio, R., Lehto, H., Krankka, A. 2015. Pyöräilyanalyysi henkilöliikennetutkimuksen aineistosta. Pyörämatkat, pyöräilijät ja pyöräilyn valintaan vaikuttavat tekijät. Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 32/2015. Helsinki 2015

Strafica Oy. Joensuun seudun liikennejärjestelmäsuunnitelma 2007. Saatavissa: <https://www.ely-keskus.fi/documents/10191/168786/Joensuun+seudun+ljs/711cac58-ef5e-43e7-82f2-622c74926b92>

Subhani, A., Stephens, D., Kumar, R., Vovsha, P. 2013. Incorporating Cycling in Ottawa-Gatineau Travel Forecasting Model. Saatavissa (viitattu 21.8.2015): <http://conf.tac-atc.ca/english/annualconference/tac2013/session23/kumar.pdf>

Sustrans. 2014. Saatavissa (viitattu 1.9.2015): http://www.sustrans.org.uk/sites/default/files/images/files/Route-Design-Resources/Network_Planning_16_12_14.pdf

Tieliikenneasetus. 182/1982TLA

Tieliikennelaki. L 4.1981/267.

Vaarala, R. Kävely ja pyöräily kaavoituksessa. Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 51/2011. Liikennevirasto. Helsinki 2011.

Vaismaa, K. Aloittelijasta mestariksi. Pyöräilyn kasvuun vaikuttavat tekijät eurooppalaisissa kaupungeissa. Tampereen teknillinen yliopisto. 2014

Vaismaa, K., Mäntynen, J., Metsäpuro, P., Luukkonen, T., Rantala, T., Karhula, K. 2011a. Parhaat eurooppalaiset käytännöt pyöräilyn ja kävelyn edistämiseksi. Tampereen teknillinen yliopisto. Liikenteen tutkimuskeskus Verne. Tampere.

Vaismaa, K., Rantala, T., Karhula, K., Luukkonen, T., Metsäpuro, P., Mäntynen, J. 2011b. Pyöräilyn ja kävelyn edistäminen Suomessa. Toimenpidesuosituksia kaupungeille. Tampereen teknillinen yliopisto. Liikenteen tutkimuskeskus Verne. Tampere.

Van Goeverden, C.D., Godefrooij, T. 2011. The Dutch Reference Study, Cases of intervention in bicycle infrastructure reviewed in the framework of Bikeability. Delft University of Technology.

Van Schagen, I., 1990. Travel characteristics of pedestrians and pedal cyclists in a British, Dutch and Swedish modelling area. DRIVE project V1031. Traffic Research Centre, University of Groningen. Saatavissa (viitattu 1.12.2014): <http://eprints.whiterose.ac.uk/2259/>

LIITTEET

Liite 1. Kyselytutkimuslomake

Liite 2. Pyöräilyn nopeuksien mittauspaikat Oulussa

Liite 3. Nopeusfunktiot laskettuna koko vuorokauden liikenne huomioituna

Liite 4. Nopeusfunktiot laskettuna koko vuorokauden liikenne huomioituna

Liite 5. Eri skenaariokuvat ja niiden väliset erotuskuvat

Liite 6. Yhdyskuntarakenteen vyöhykkeet Oulun kaupunkiseudulla

Liite 7. Pyöräteiden kaltevuudet Rovaniemellä

Liite 8. Pyöräteiden nopeuden muutokset Rovaniemellä

Liite 9. Pyöräilijöiden määrien muutokset Rovaniemellä

Liite 10. Pyöräilijöiden liikennemääräennusteet Rovaniemellä

Liite 11. Mäkisyyden vaikutukset liikennemääräennusteisiin Rovaniemellä



Pyöräilytutkimus

Tämän kyselytutkimuksen tarkoituksena on saada tietoa kohdekaupunkien pyöräilijöiden tottumuksista, pyöräilyväylistä ja reitinvalintaan liittyvistä tekijöistä.

Kysely on osa diplomityötä, jonka rahoittajina ovat Liikenneviraston lisäksi tutkimuskaupungit: Joensuu, Kokkola, Oulu ja Rovaniemi.

Diplomityön toteuttamisessa ovat mukana Ramboll Finland Oy ja Tampereen teknillinen yliopisto.

Vastaamalla kyselyyn voitte osaltanne vaikuttaa kotikaupunkinne pyöräilyolosuhteiden kehittämiseen, sillä kyselyn tulokset toimitetaan Liikenneviraston ja kohdekaupunkien käytettäväksi.

Kysely on anonymi, jolloin yksittäistä vastaajaa ei voi tunnistaa vastauksen perusteella.

A. Taustatiedot

1. Kaupunki:

- ☐ Joensuu
- ☐ Kokkola
- ☐ Oulu
- ☐ Rovaniemi

2. Sukupuoli:

- ☐ Mies
- ☐ Nainen

3. Ikä:

- ☐ Alle 18
- ☐ 18 - 27
- ☐ 28 - 37
- ☐ 38 - 47
- ☐ 48 - 57
- ☐ 58 - 67
- ☐ 68 tai enemmän

4. Korkein koulutusaste:

- ☐ Peruskoulu
- ☐ Lukio
- ☐ Ammattikorkeakoulu
- ☐ Ammattiopisto
- ☐ Ammattioppilaitos
- ☐ Yliopisto/korkeakoulu

5. Työtilanne:

- ☐ Kokopäivätyö
- ☐ Osa-aikatyö
- ☐ Työtön
- ☐ Eläkkeellä
- ☐ Opiskelija

6. Omistatko vähintään yhden käyttökunnossa olevan pyörän?

- ☐ Kyllä
- ☐ En

7. Millaisen pyörän omistat (voit valita useamman)?

Eri polkupyörätyyppejä on hyvin monia. Jos alla olevasta listasta ei suoraan löydy omaa pyörätyyppiäsi, arvioi sitä lähinnä kuvaava tyyppi tai valitse Muu pyörä.

- ☐ Maantiepyörä
- ☐ Retkipyörä (trekkiing)
- ☐ Hybridi-/fitnesspyörä
- ☐ Maastopyörä
- ☐ Kaupunkipyörä (city bike / "tavallinen" pyörä)
- ☐ Nojapyörä
- ☐ Läskipyörä (fat bike)
- ☐ Tavarapyörä
- ☐ Sähköavusteinen pyörä
- ☐ Muu pyörä

8. Omistatko pyöräilykypärän?

- ☐ Kyllä
- ☐ En

B. Pyöräilytuntemuksiin liittyvät kysymykset**9. Kuinka usein pyöräilet kesäkaudella?**

- ☐ Vähintään kuutena päivä viikossa
- ☐ 4 - 5 päivänä viikossa
- ☐ 2 - 3 päivänä viikossa
- ☐ Kerran viikossa
- ☐ Vähintään kerran kuukaudessa
- ☐ Vähintään kerran vuodessa
- ☐ En koskaan

10. Kuinka usein pyöräilet talvikaudella?

- ☐ Vähintään kuutena päivä viikossa
- ☐ 4 - 5 päivänä viikossa
- ☐ 2 - 3 päivänä viikossa
- ☐ Kerran viikossa
- ☐ Vähintään kerran kuukaudessa
- ☐ Vähintään kerran vuodessa
- ☐ En koskaan

11. Jos pyöräilet talvisin, käytätkö nastarenkaita?

- ☐ Kyllä, molemmissa renkaissa
- ☐ Kyllä, eturenkaassa
- ☐ Kyllä, takarenkaassa
- ☐ En käytä

12. Käytätkö pyöräilykypärää?

- ☐ Kyllä, aina pyöräillessäni
- ☐ Kyllä, joskus
- ☐ Kyllä, harvoin
- ☐ En käytä

13. Mikä on pääsyy pyöräilyysi arkipäivinä?

- ☐ Matka harrastuksiin tai vapaa-ajan matka
- ☐ Asiointi- tai ostosmatka
- ☐ Työmatka
- ☐ Opiskelumatka
- ☐ Kuntoilu pyöräillen
- ☐ Muu

14. Kuinka pitkään pyöräilet keskimäärin arkipäivän aikana yhteensä?

- ☐ 0 – 10 minuuttia
- ☐ 10 – 20 minuuttia
- ☐ 20 – 30 minuuttia
- ☐ 30 – 60 minuuttia
- ☐ 60 – 120 minuuttia
- ☐ Enemmän 120 minuuttia

15. Kuinka pitkään pyöräilet keskimäärin viikonloppupäivän aikana yhteensä?

- ☐ 0 – 10 minuuttia
- ☐ 10 – 20 minuuttia
- ☐ 20 – 30 minuuttia
- ☐ 30 – 60 minuuttia
- ☐ 60 – 120 minuuttia
- ☐ Enemmän 120 minuuttia

16. Millaisilla väylillä pyöräilet mieluiten?

- ☐ Eroteltu pyörätie
- ☐ Yhdistetty pyörätie ja jalkakäytävä
- ☐ Pyöräkaista
- ☐ Sekaliikenneväylä (autojen kanssa samalla väylällä)
- ☐ Kävelykatu
- ☐ Maasto
- ☐ Muu

17. Millainen pyöräpysäköintimahdollisuus on matkan lähtöpäässä, esim koti?

- ☐ Lukollinen varasto
- ☐ Pyöräkatos
- ☐ Pyöräteline
- ☐ Vapaa pyöräpysäköintiin varattu tila ilman telineitä
- ☐ Ei pyöräpysäköintiä

18. Millainen pyöräpysäköintimahdollisuus on matkan määränpäässä, esim työ, koulu, harrastuspaikka?

- ☐ Lukollinen varasto
- ☐ Pyöräkatos
- ☐ Pyöräteline
- ☐ Vapaa pyöräpysäköintiin varattu tila ilman telineitä
- ☐ Ei pyöräpysäköintiä

19. Mitä seuraavista koet tärkeäksi valitessasi pyöräreittiä? Arvioi tärkeysjärjestykseen eli et voi antaa samaa pistemäärää kahdelle tai useammalle tekijälle. 1 = vähiten tärkeä, 7 = eniten tärkeä

	1	2	3	4	5	6	7
Etäisyys	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Matka-aika	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Liikenneturvallisuus	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Tasaisuus, mäkien välttäminen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Maisemat	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ruuhkattomuus	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Mukavuudet (pysäköinti, vesipiste, WC jne)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

C. Pyöräilykokemuksiin liittyvät kysymykset

20. Milloin pyöräilit viimeksi?

- ☐ Alle 3 päivää sitten
- ☐ Alle viikko sitten
- ☐ Alle kaksi viikkoa sitten
- ☐ Alle kuukausi sitten
- ☐ Alle 3 kuukautta sitten
- ☐ Alle 6 kuukautta sitten
- ☐ Alle vuosi sitten
- ☐ Yli vuosi sitten
- ☐ En ole koskaan pyöräillyt

21. Kuinka kauan pyöräilit viime pyörämatkalla (-lenkillä) lähtöpaikasta määränpäähän?

- ☐ 0 – 10 minuuttia
- ☐ 10 – 20 minuuttia
- ☐ 20 – 30 minuuttia
- ☐ 30 - 60 minuuttia
- ☐ 60 – 120 minuuttia
- ☐ Yli 120 minuuttia

22. Oliko viime pyörämatkasi keskeytymätön vai sisälsikö se välipysähdyksiä, esim kauppa, päiväkotit? Pysähdyksiä risteyksissä ei huomioida.

- ☐ Pyörämatkani oli keskeytymätön
- ☐ Pyörämatkani sisälsi yhden pysähdyksen
- ☐ Pyörämatkani sisälsi kaksi pysähdystä
- ☐ Pyörämatkani sisälsi 3 tai enemmän pysähdyksiä

23. Mikä oli viime pyörämatkasi tarkoitus?

- ☐ Matka harrastuksiin tai vapaa-ajan matka
- ☐ Asiointi- tai ostosmatka
- ☐ Työmatka
- ☐ Opiskelumatka
- ☐ Kuntoilu pyöräillen
- ☐ Muu

24. Millaista pyörää käytit viime pyörämatkallasi?

- ☐ Maantiepyörä
- ☐ Retkipyörä (trekking)
- ☐ Maastopyörä
- ☐ Hybridi-/fitnesspyörä
- ☐ Kaupunkipyörä (city bike)
- ☐ Nojapyörä
- ☐ Läskipyörä (fat bike)
- ☐ Tavarapyörä
- ☐ Sähköavusteinen pyörä
- ☐ Muu pyörä

25. Mitä pyöräilyväyliä käytit viime pyörämatkallasi?

- ☐ Eroteltu pyörätie
- ☐ Yhdistetty pyörätie ja jalkakäytävä
- ☐ Pyöräkaista
- ☐ Sekaliikenneväylä (autojen kanssa samalla väylällä)
- ☐ Kävelykatu
- ☐ Maasto
- ☐ Muu

26. Kuinka tyytyväinen olet kaupunkisi pyöräilyväylien riittävyyteen?

- ☐ Erittäin tyytyväinen
- ☐ Tyytyväinen
- ☐ Melko tyytymätön
- ☐ Täysin tyytymätön
- ☐ En osaa sanoa

27. Kuinka tyytyväinen olet kaupunkisi pyöräilyväylien kuntoon/laatutason?

- ☐ Erittäin tyytyväinen
- ☐ Tyytyväinen
- ☐ Melko tyytymätön
- ☐ Täysin tyytymätön
- ☐ En osaa sanoa

28. Kuinka tyytyväinen olet kaupunkisi julkisiin pyöräpysäköintipaikkojen riittävyyteen?

- ☐ Erittäin tyytyväinen
- ☐ Tyytyväinen
- ☐ Melko tyytymätön
- ☐ Täysin tyytymätön
- ☐ En osaa sanoa

29. Kuinka tyytyväinen olet kaupunkisi julkisiin pyöräpysäköintipaikkojen kuntoon/laatutason?

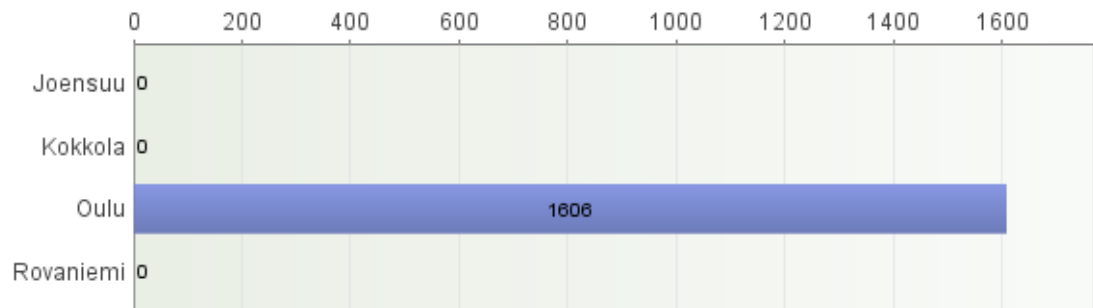
- ☐ Erittäin tyytyväinen
- ☐ Tyytyväinen
- ☐ Melko tyytymätön
- ☐ Täysin tyytymätön
- ☐ En osaa sanoa

30. Vapaa kommentti:

Pyöräilyn reitinvalinta

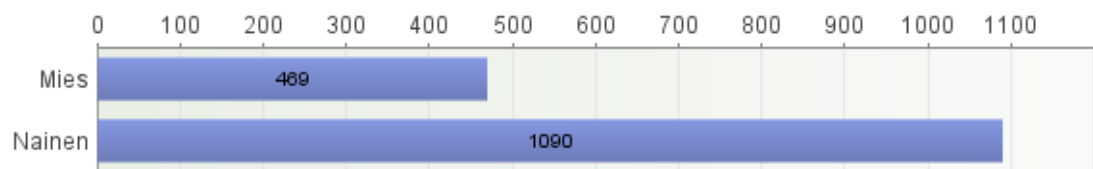
1. Kaupunki:

Vastaajien määrä: 1606



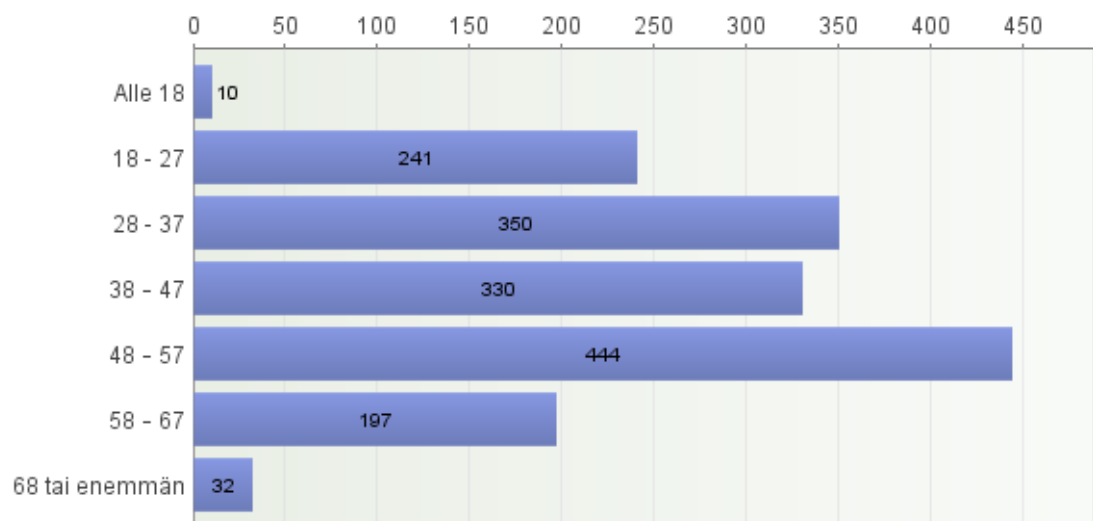
2. Sukupuoli:

Vastaajien määrä: 1559



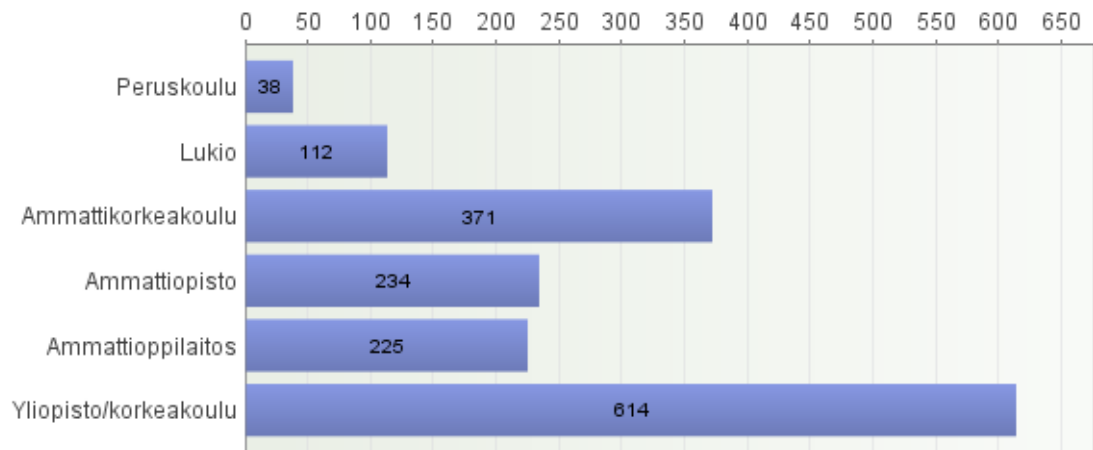
3. Ikä:

Vastaajien määrä: 1604



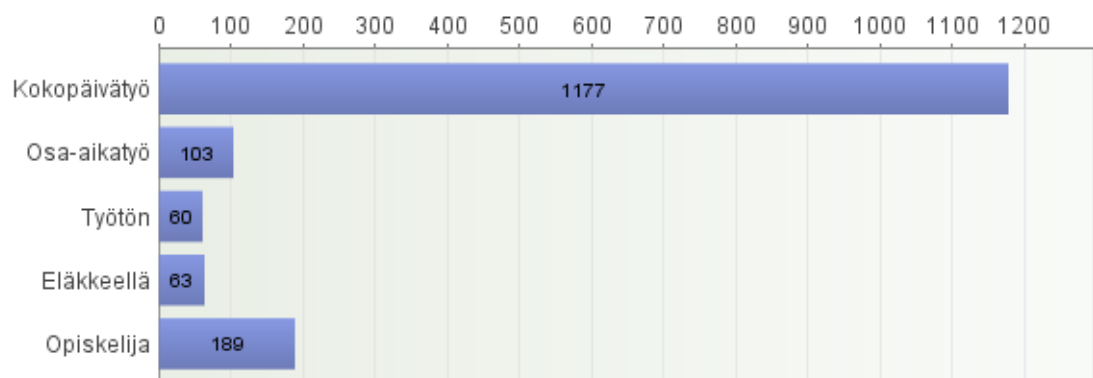
4. Korkein koulutusaste:

Vastaajien määrä: 1594



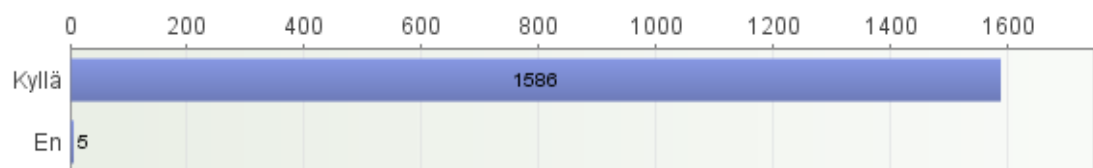
5. Työtilanne:

Vastaajien määrä: 1592



6. Omistatko vähintään yhden käyttökunnossa olevan pyörän?

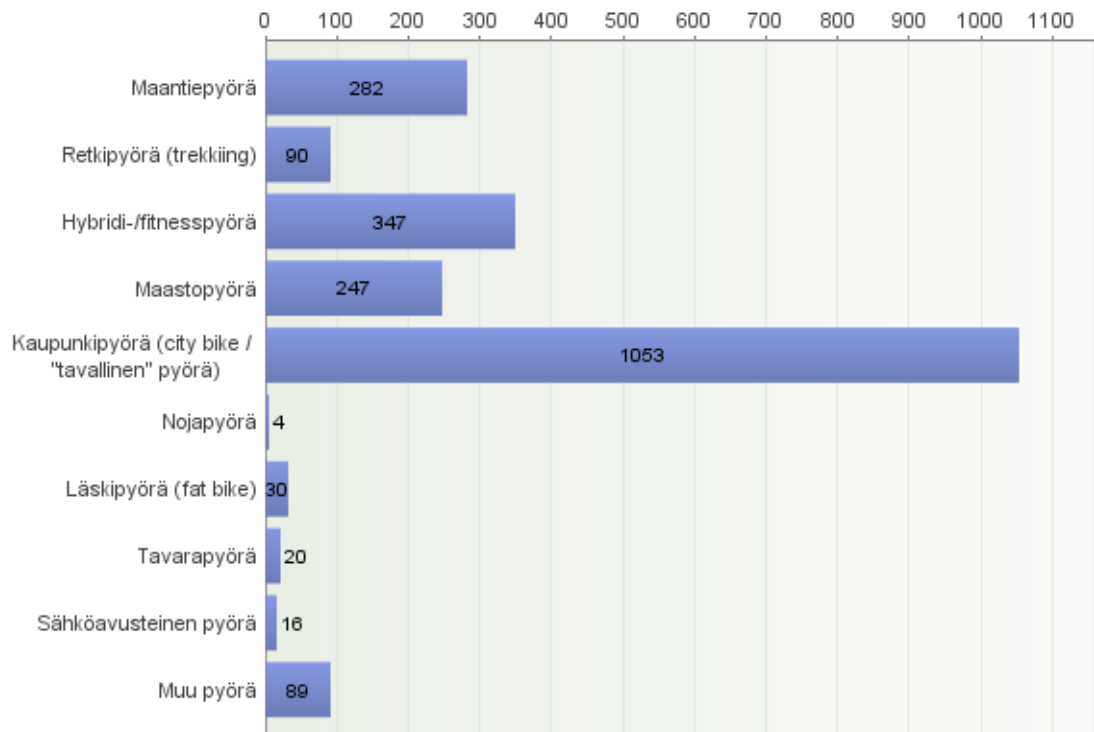
Vastaajien määrä: 1591



7. Millaisen pyörän omistat (voit valita useamman)?

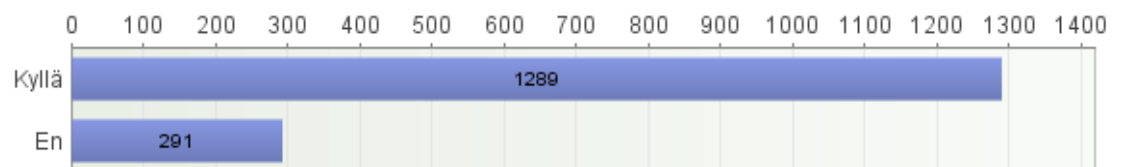
Eri polkupyörätyyppejä on hyvin monia. Jos alla olevasta listasta ei suoraan löydy omaa pyörätyyppiäsi, arvioi sitä lähinnä kuvaava tyyppi tai valitse Muu pyörä.

Vastaajien määrä: 1600



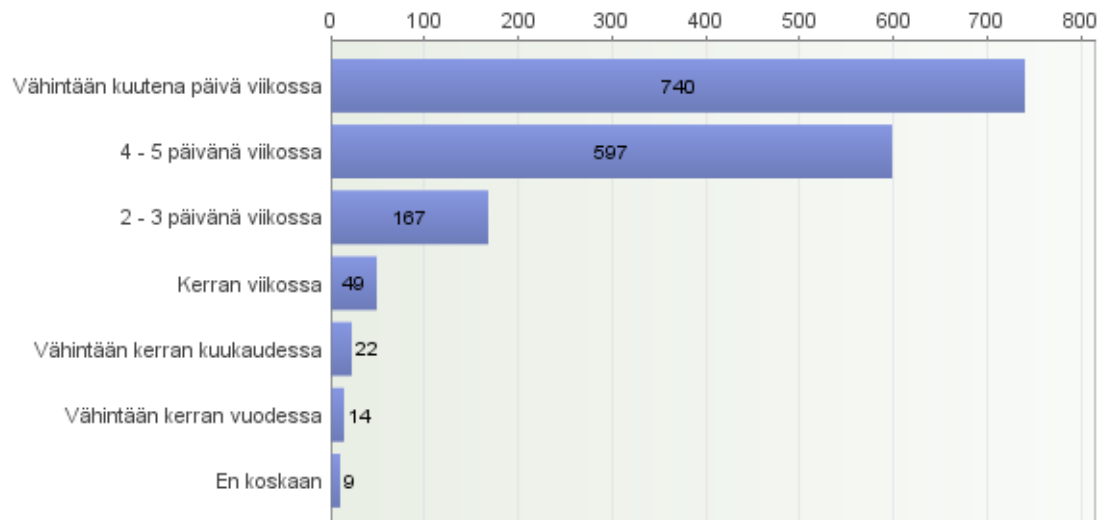
8. Omistatko pyöräilykypärän?

Vastaajien määrä: 1580



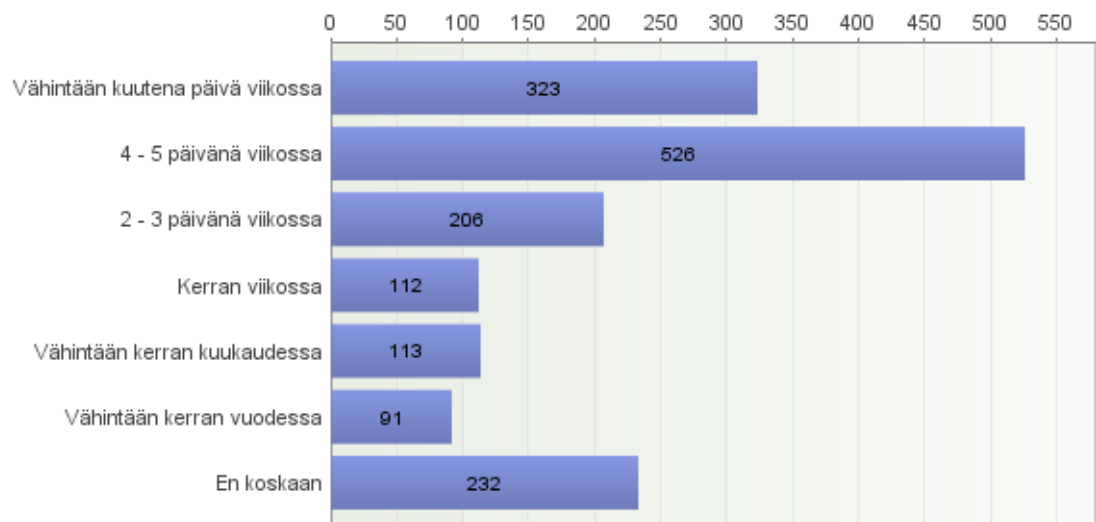
9. Kuinka usein pyöräilet kesäkaudella?

Vastaajien määrä: 1598



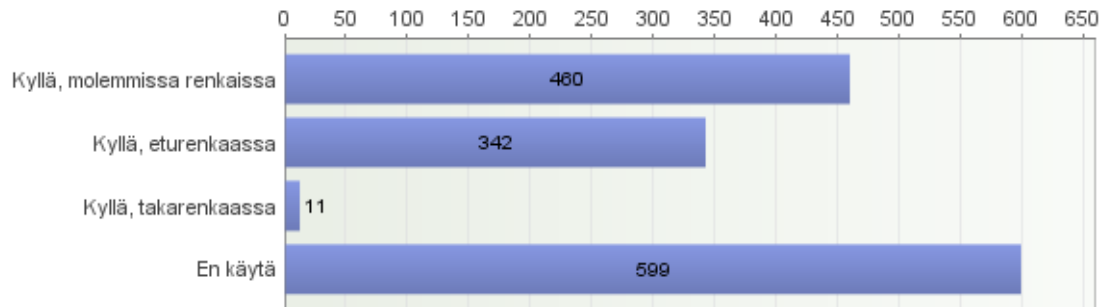
10. Kuinka usein pyöräilet talvikaudella?

Vastaajien määrä: 1603



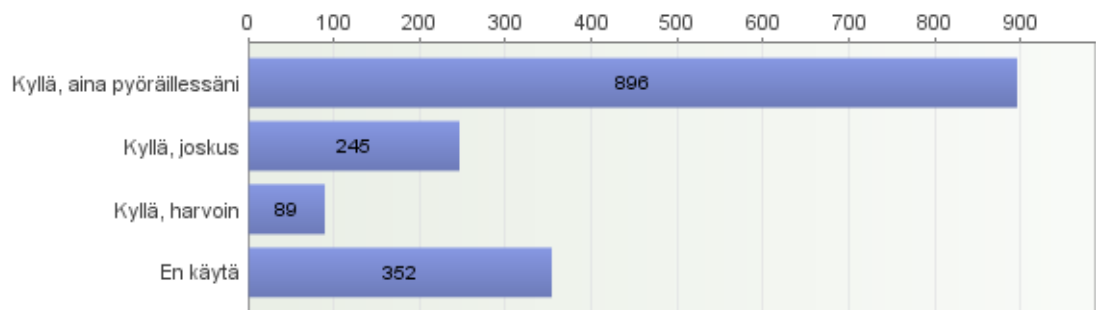
11. Jos pyöräilet talvisin, käytätkö nastarenkaita?

Vastaajien määrä: 1412



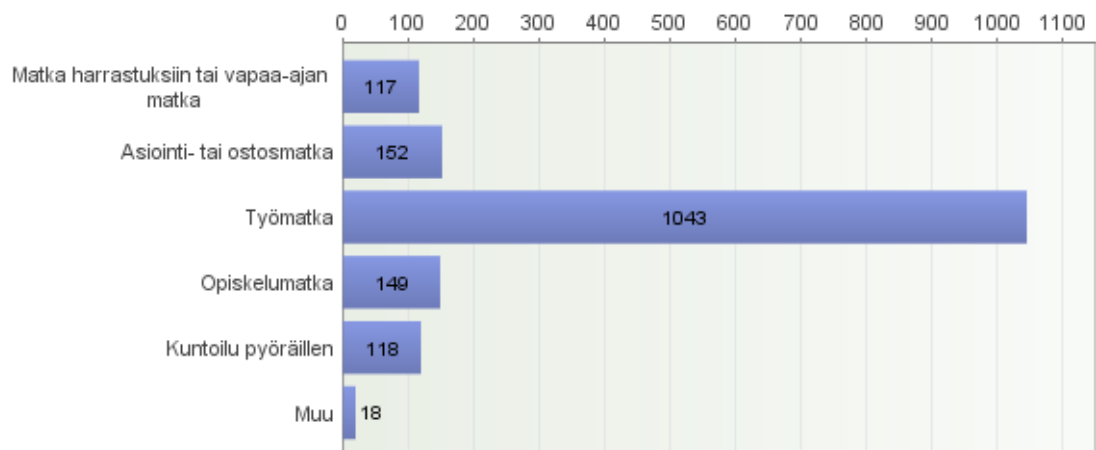
12. Käytätkö pyöräilykypärää?

Vastaajien määrä: 1582



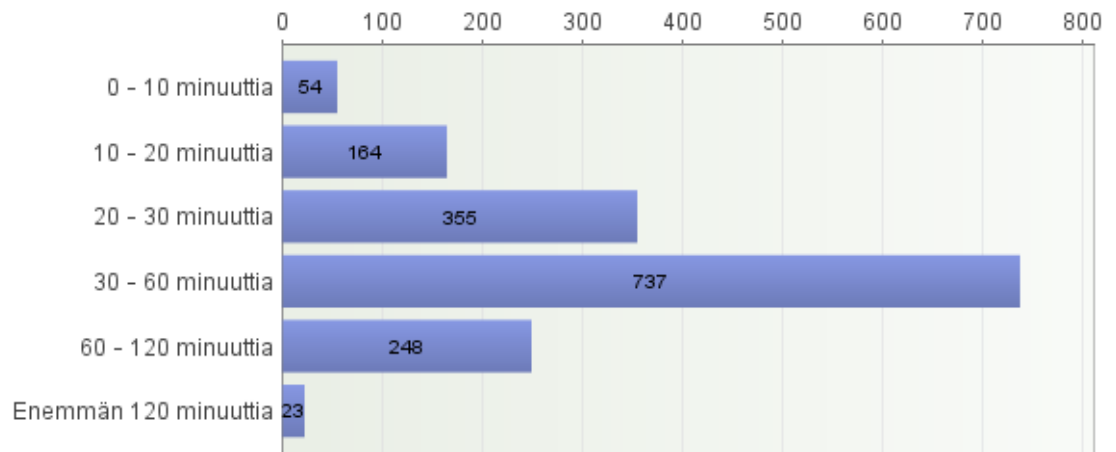
13. Mikä on pääsyy pyöräilyysi arkipäivinä?

Vastaajien määrä: 1597



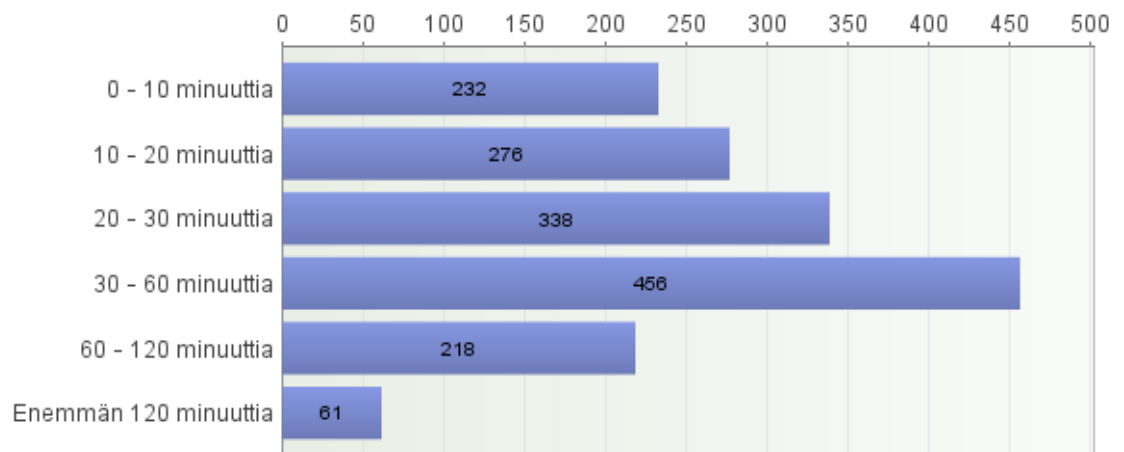
14. Kuinka pitkään pyöräilet keskimäärin arkipäivän aikana yhteensä?

Vastaajien määrä: 1581



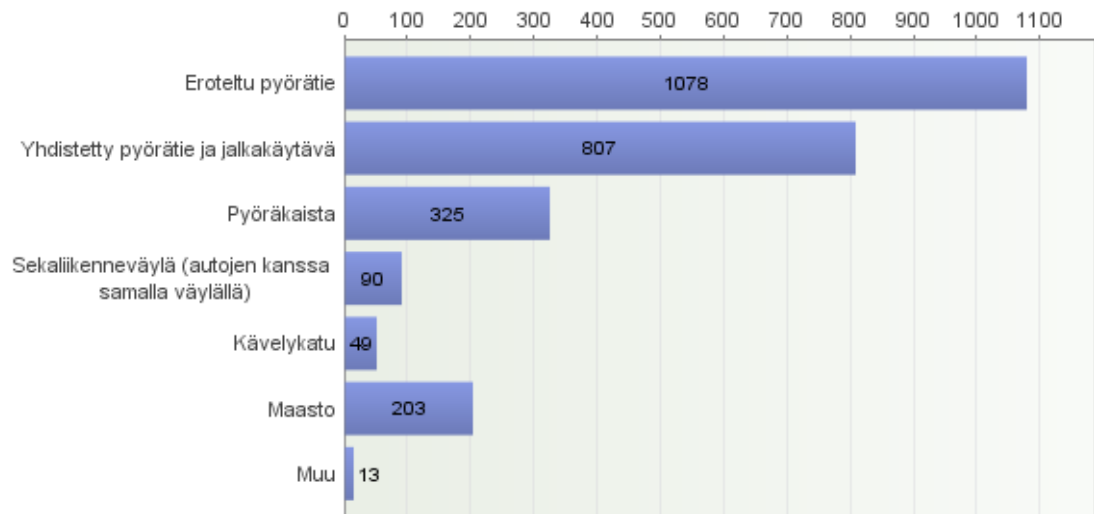
15. Kuinka pitkään pyöräilet keskimäärin viikonloppupäivän aikana yhteensä?

Vastaajien määrä: 1581



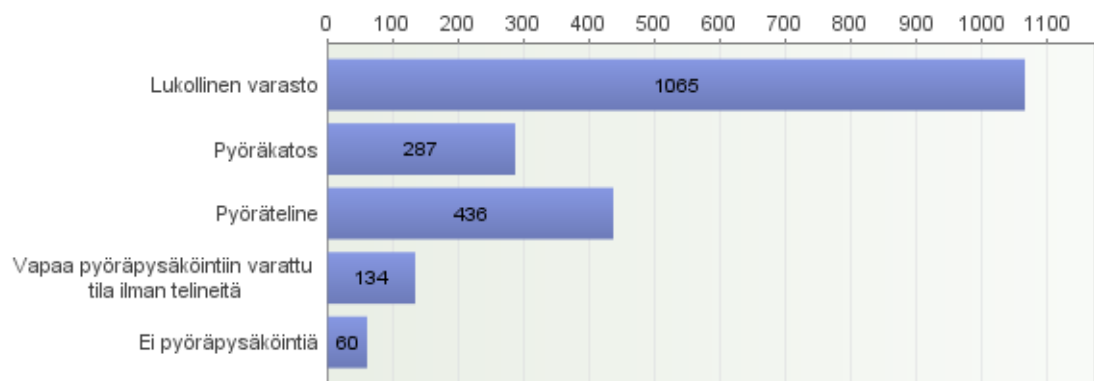
16. Millaisilla väylillä pyöräilet mieluiten?

Vastaajien määrä: 1597



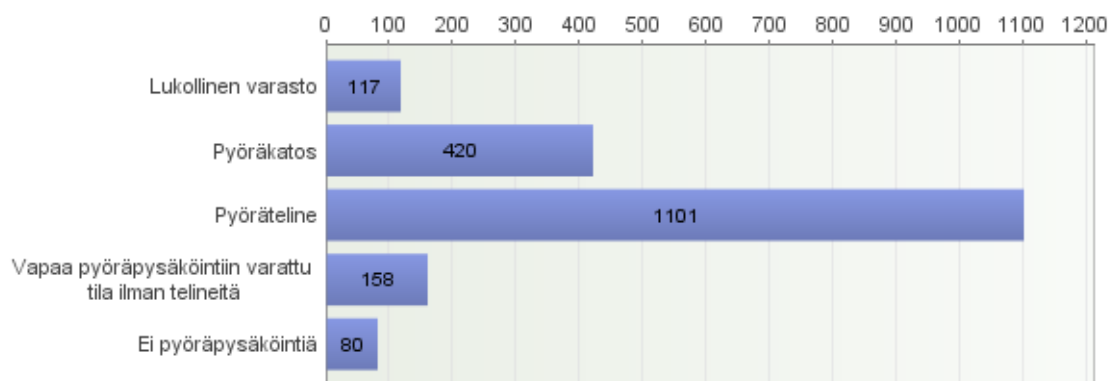
17. Millainen pyöräpysäköintimahdollisuus on matkan lähtöpäässä, esim koti?

Vastaajien määrä: 1598



18. Millainen pyöräpysäköintimahdollisuus on matkan määrän päässä, esim työ, koulu, harrastuspaikka?

Vastaajien määrä: 1588



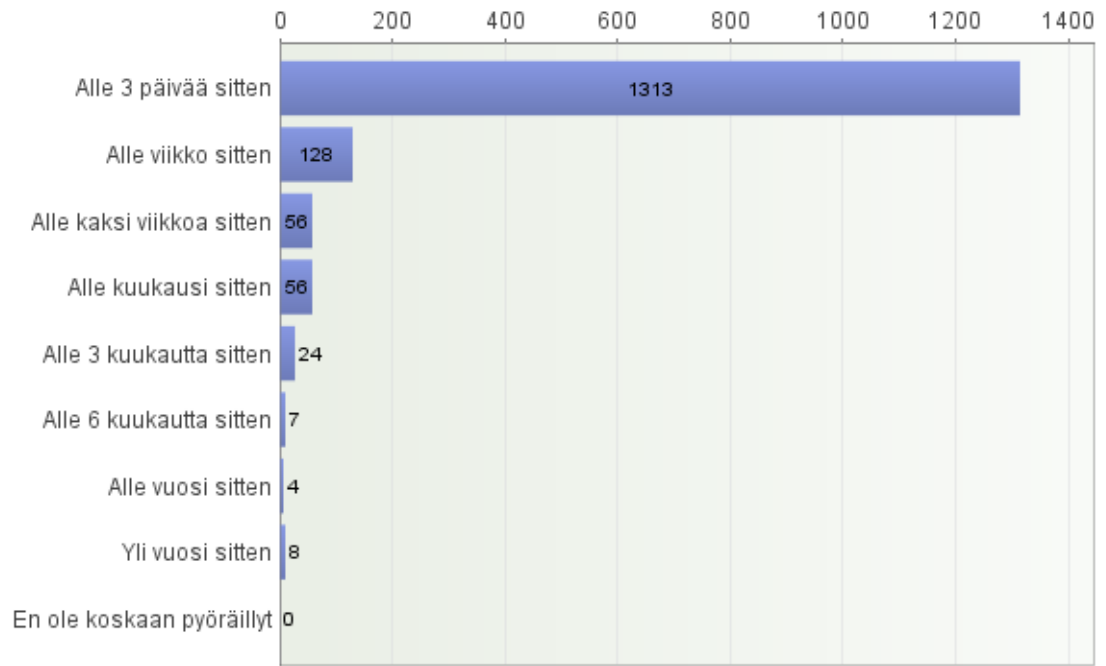
19. Mitä seuraavista koet tärkeäksi valitessasi pyöräreittiä? Arvioi tärkeysjärjestykseen eli et voi antaa samaa pistemäärää kahdelle tai useammalle tekijälle. 1 = vähiten tärkeä, 7 = eniten tärkeä

Vastaajien määrä: 1596

	1	2	3	4	5	6	7	Yhteensä	Keskiarvo
Etäisyys	42	81	120	177	237	367	370	1394	5,2
Matka-aika	51	72	81	122	245	450	393	1414	5,38
Liikenneturvallisuus	21	66	147	205	379	217	392	1427	5,15
Tasaisuus, mäkien välttäminen	249	340	315	249	126	68	48	1384	3,04
Maisemat	75	265	363	277	210	128	84	1413	3,71
Ruuhkattomuus	38	258	262	326	238	238	122	1482	4,13
Mukavuudet (pysäköinti, vesipiste, WC jne)	880	303	111	84	51	37	56	1522	1,99
Yhteensä	1357	1388	1402	1441	1488	1506	1465	10047	4,09

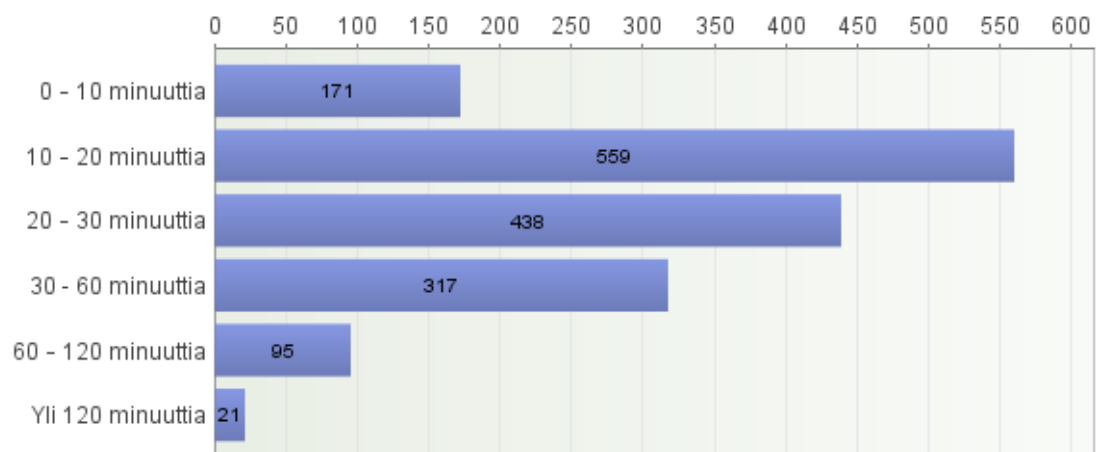
20. Milloin pyöräilit viimeksi?

Vastaajien määrä: 1596



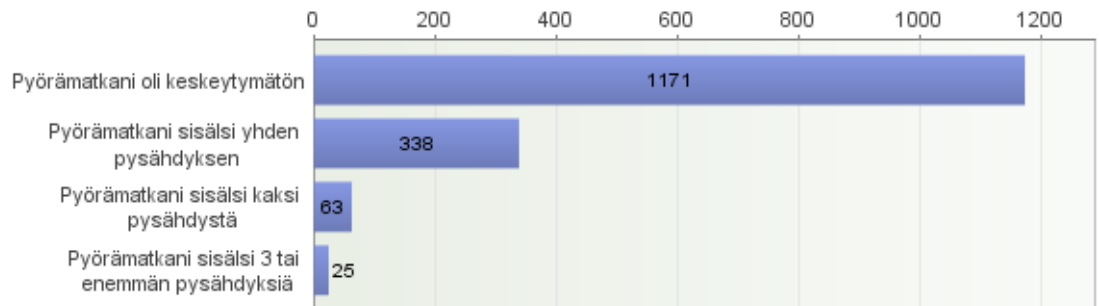
21. Kuinka kauan pyöräilit viime pyörämatkalla (-lenkillä) lähtöpaikasta määränpäähän?

Vastaajien määrä: 1601



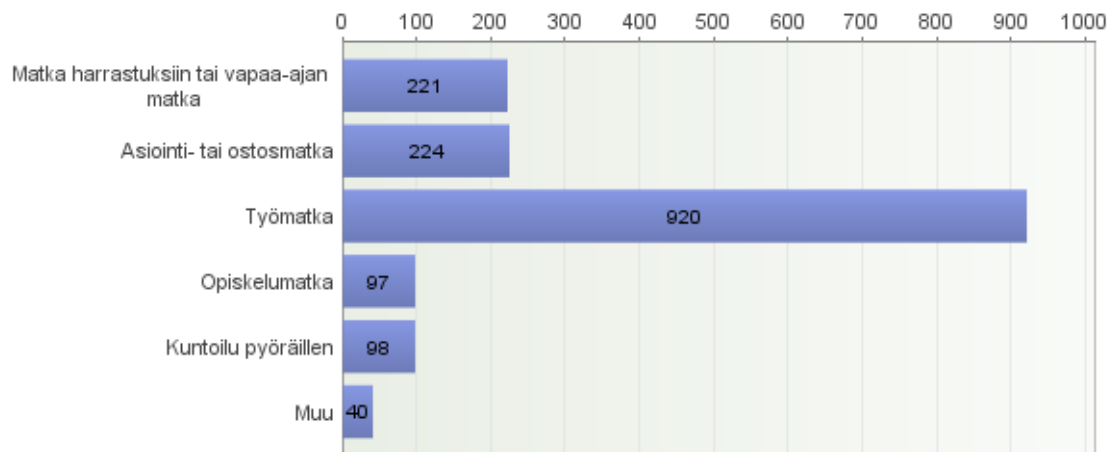
22. Oliko viime pyörämatkasi keskeytymätön vai sisälsikö se välipysähdyksiä, esim kauppa, päiväkoti? Pysähdyksiä risteyksissä ei huomioida.

Vastaajien määrä: 1597



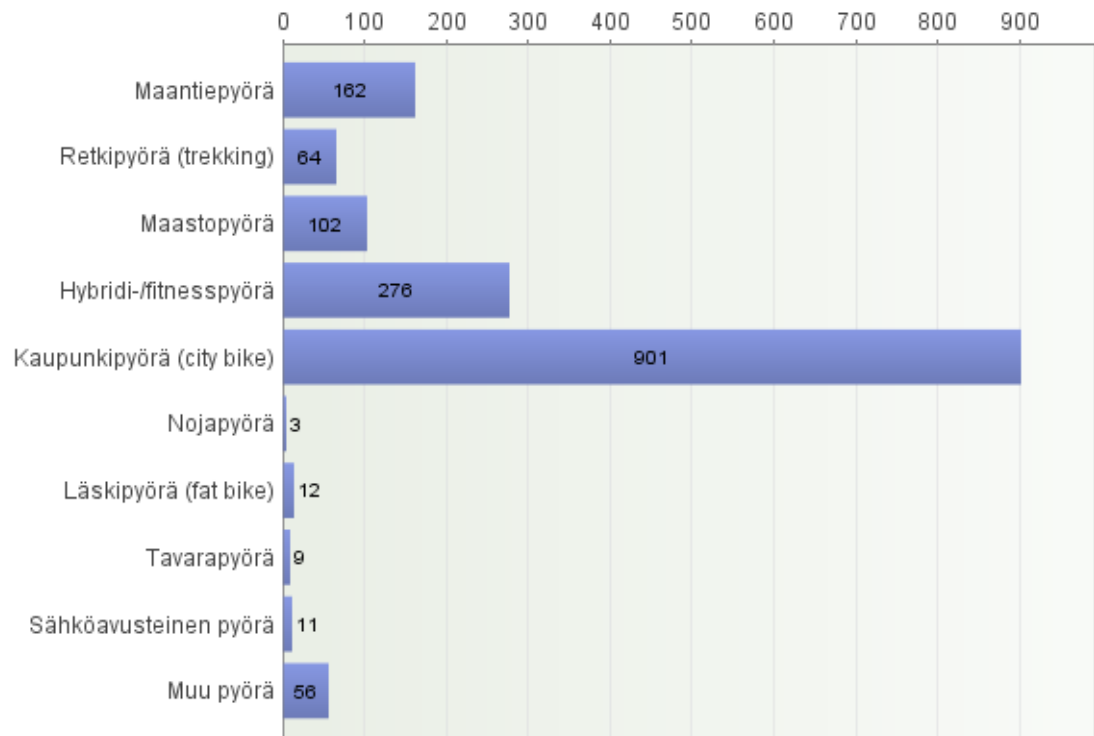
23. Mikä oli viime pyörämatkasi tarkoitus?

Vastaajien määrä: 1600



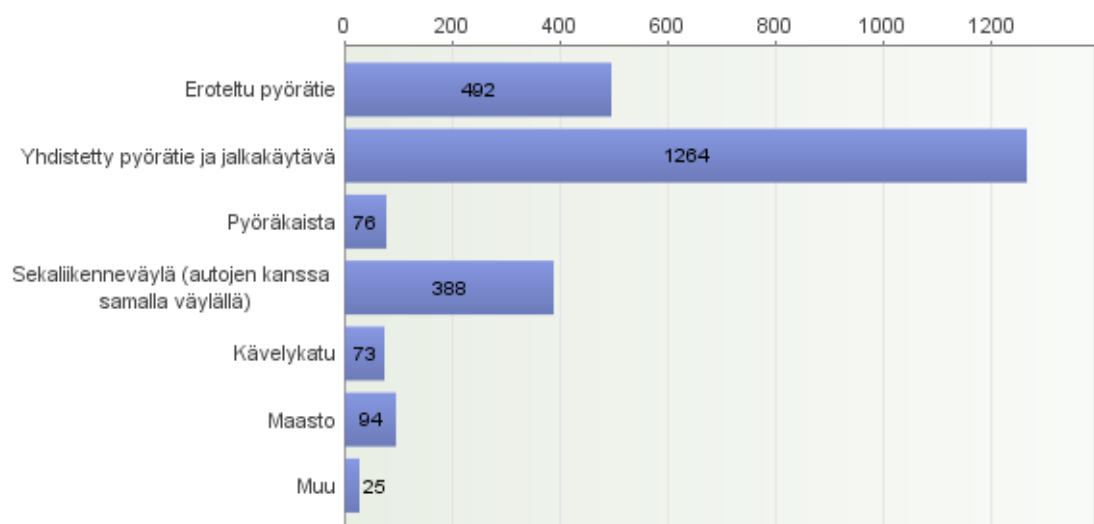
24. Millaista pyörää käytit viime pyörämatkallasi?

Vastaajien määrä: 1596



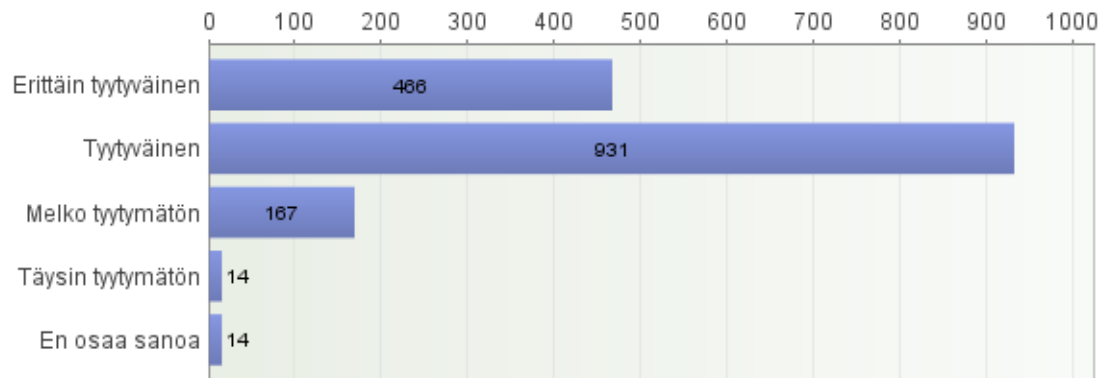
25. Mitä pyöräilyväyliä käytit viime pyörämatkallasi?

Vastaajien määrä: 1602



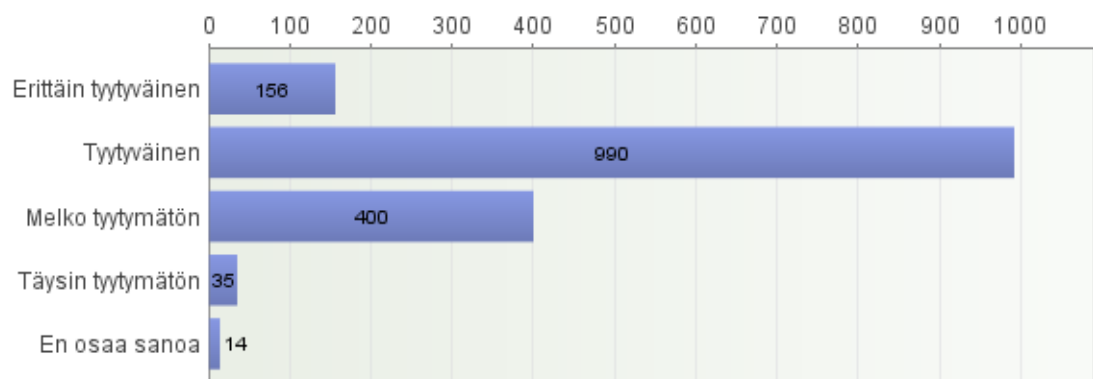
26. Kuinka tyytyväinen olet kaupunkisi pyöräilyväylien riittävyyteen?

Vastaajien määrä: 1592



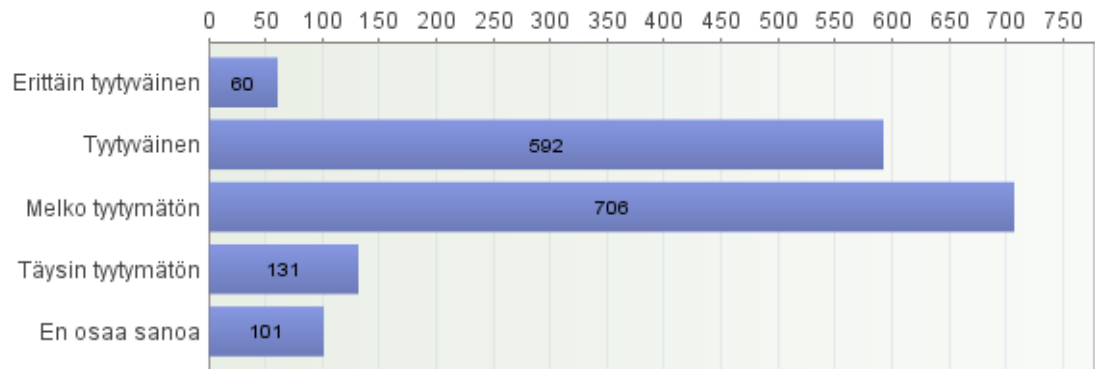
27. Kuinka tyytyväinen olet kaupunkisi pyöräilyväylien kuntoon/laatutason?

Vastaajien määrä: 1595

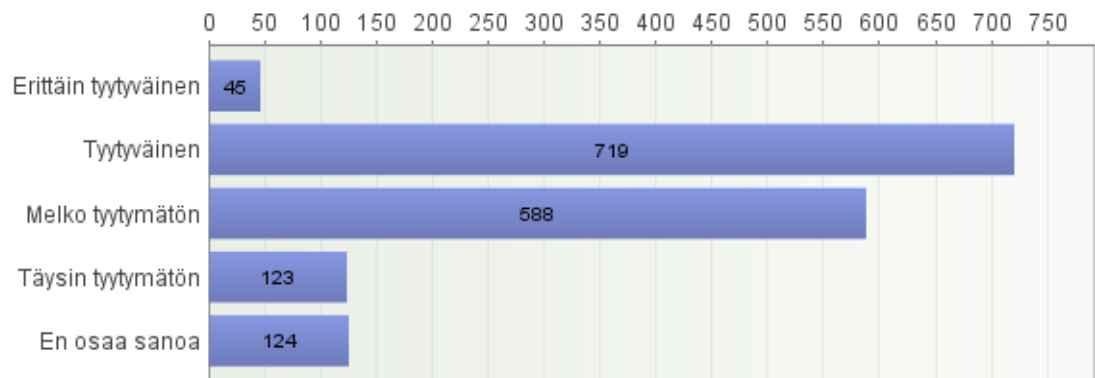


28. Kuinka tyytyväinen olet kaupunkisi julkisiin pyöräpysäköintipaikkojen riittävyyteen?

Vastaajien määrä: 1590

29. Kuinka tyytyväinen olet kaupunkisi julkisiin pyöräpysäköintipaikkojen kuntoon/laatu-
tasoon?

Vastaajien määrä: 1599




30. Vapaa kommentti - poimintoja kommentteista Vastaajien määrä: 633


- Kauniissa maisemassa on mukava pyöräillä.
- Viime vuonna maalatut valkoiset merkinnät keskustassa pyöräilyväylistä olivat erinomainen täydennys palveluun.
- Pyöräily on paras, nopea tapa liikkua kaupungin ydinkeskustaan, yliopistolle, kirjastoon, kauppaan, etenkin ruuhka-aikoina.
- Oulu on hyvä kaupunki pyöräilijälle, monet muut kaupungit voisivat ottaa mallia. Jopa talvikunnossapito on melko riittävällä tasolla. Huonoimpina pyöräilykuukausina (joulutammii) pyöräiteiden kunnossapito on haastavaa ja näkyy varsin usein kel-


vottomina pyöräilykeleinä. Kaupungin keskustassa pitäisi olla enemmän pyörille tarkoitettuja pysäköintitelineitä tai -pisteitä. Nyt etenkin Kivisydämen (= kallioparkki autoille) valmistuttua pyöräpysäköinnille pitäisi ehdottomasti löytyä enemmän tilaa!

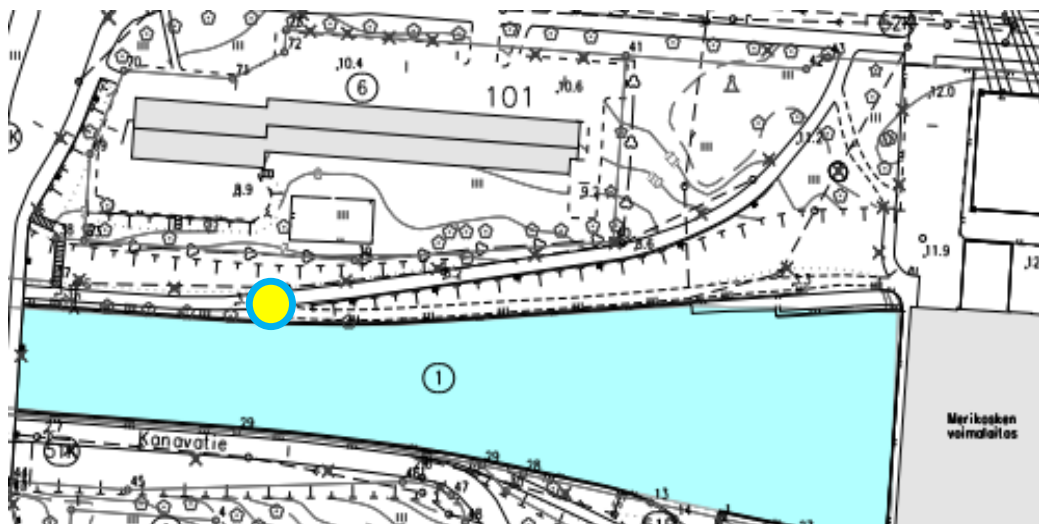
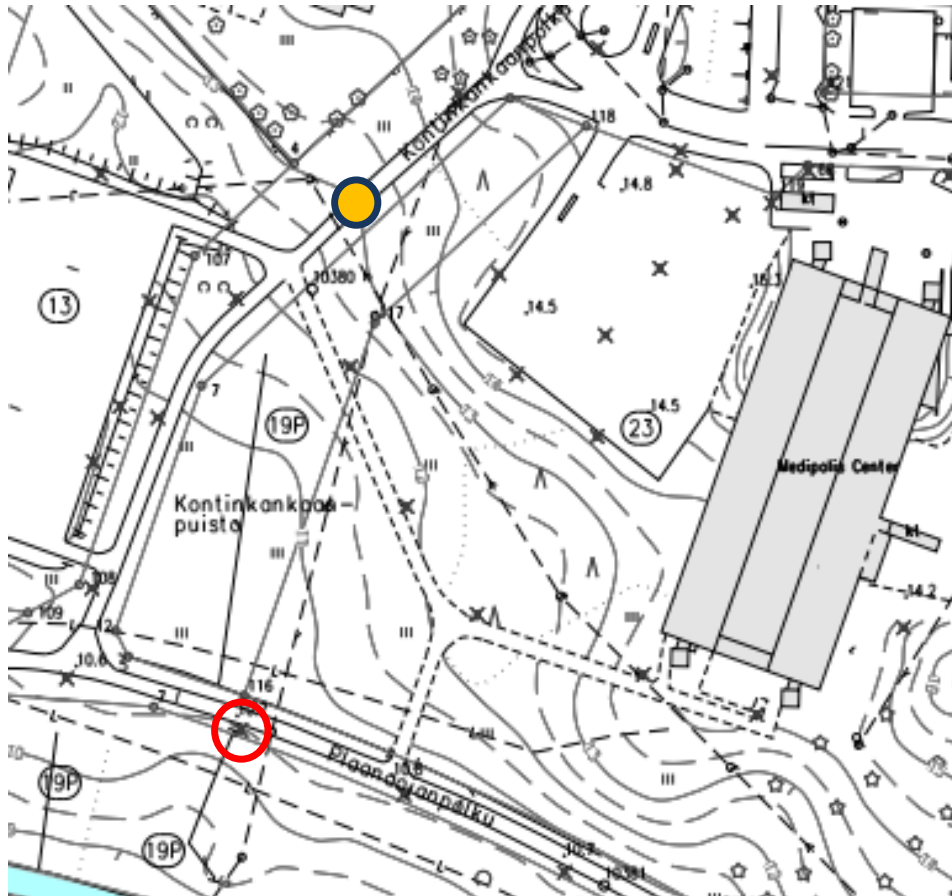
- Oulussa pyörätiet alkaa rapistua, koloja ja vikoja ei korjata. Suojatieylitykset (yleensä ajokaistan ylitys) liian korkeat reunakivet. Nyt pimeällä valottomuus pyöräteillä (klo 23.00-5.00 säästöt).
- Kun ajan autotietä pyörälläni ja kesken matkaa tien reunassa alkaa yhdistetty pyörätie/ jalkakäytävä, olisi mukavaa, että pyörällä voisi siirtyä suoraan pyörätielle, ilman, että tarvitsee pysähtyä ja nostaa pyörä korkean reunakiveyksen yli. Tiesuunnittelijoiden pitäisi joskus itse ajaa pyörällä, niin moni suunnitteluvirhe jäisi tekemättä
- There's never enough space at bike parking racks when you are on a shopping trip! It's very difficult to load a bike with the week's shopping when there are other bikes packed in the rack to the left and to the right!
- Ouluun toivoisin yksinkertaisia lukitukseen tarkoitettuja kaiteita ja palkkeja. En pidä ns. tavallisista pyörätelineistä, joihin pyörä laitetaan rengas edellä. Pyöräni viekin usein useamman tavallisen paikan, kun laitan sen poikittain telineeseen, jotta saan sen kunnolla lukittua useammasta kohdasta. Sähköpyörän haluaa lukita aina hyvin, koska kyse on niin arvokkaasta tuotteesta. Heikompiä lukkoja on napsittu poikki, mutta onneksi pyöräni on aina kiinni vähintään yhdellä järeämmällä lukolla kiinteässä elementissä.
- Pyöräpysäköintipaikkoja julkisilla paikoilla tulisi lisätä, ja ajoittain olla myös katettuja pyöräpaikkoja, kuten linja-autoasemalla Raksilan puolella jonkin verran onkin. Voisi kokeilla myös pyöräpysäköintilaitosta, esim. lyhytaikainen pilotointi jossakin keskustan autojen pysäköintilaitoksessa kysynnän selvittämiseksi. Keskustassa tulisi helpottaa pyörillä liikkumista ja vaikeuttaa hieman henkilöautoilua, esim. miettiä, voidaanko joltakin pätkältä vähentää läpikulkevaa autoliikennettä.

Liite 3: Pyöräilyn nopeuksien mittauspaikat Oulussa

mittauspaikka tasaisella: Plaanaojanpolku 

mittauspaikka mäessä, kaltevuus -4,0 %, +5,0 %: Kontinkankaanpolku 

mittauspaikka mäessä, kaltevuus -2,5 %, +5,4 %: Merikoski 

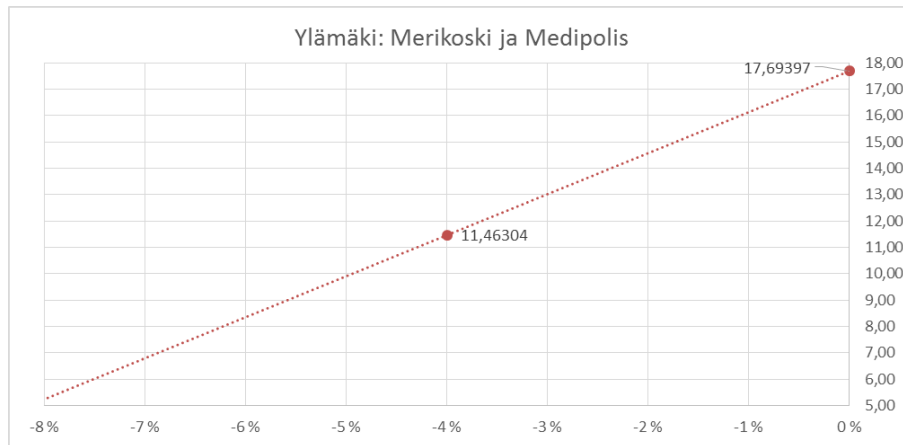


Liite 4. Nopeusfunktiot laskettuna koko vuorokauden liikenne huomioituna

Paikka	Kaltevuus		Keskinopeus	Määrä	Aika
Kontinkankaanpolku	ylämäki	-4,0 %	11,46 km/h	1043 kpl	22.9 klo 14:42:54 - 23.9 klo 15:55:24
Plaanaojanpolku	tasainen	0 %	17,69 km/h	3613 kpl	23.9 klo 16:01:58 - 25.9 klo 15:10:25
Merikoski	alamäki	5,4 %	24,72 km/h	758 kpl	25.9 klo 15:25:33 - 26.9 klo 15:32:40

Ylämäkeen ajettaessa kulmakertoimen K_1 arvoksi saatiin

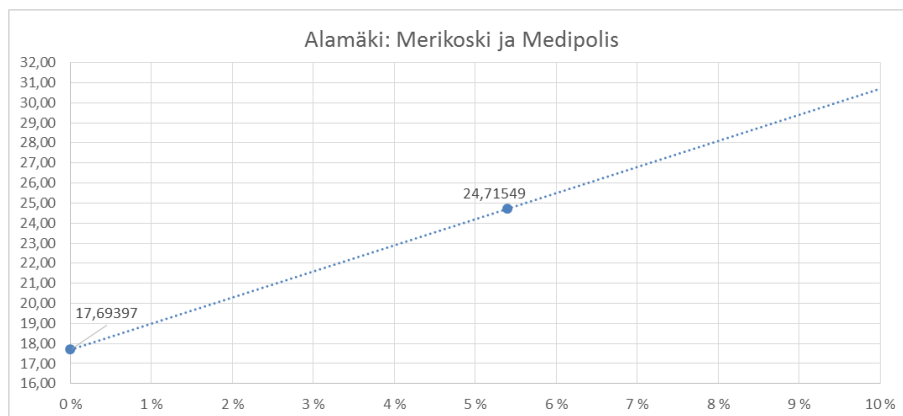
$$K_1 = \frac{17,69397 - 11,46304}{0 - 4} = -1,55773 \approx -1,56$$



Kuva: Ylämäen nopeudet pituuskaltevuuden suhteen

Alamäkeen ajettaessa kulmakertoimen K_1 arvoksi saatiin

$$K_1 = \frac{24,71549 - 17,69397}{5,4 - 0} = 1,30028 \approx 1,30$$



Kuva: Alamäen nopeudet pituuskaltevuuden suhteen

Sijoitetaan K_1 ja K_2 nopeusfunktion kaavaan, jolloin saadaan ylämäen nopeusfunktioiksi:

$$v_{sy} = -1,56 * s + 17,69 \left[\frac{km}{h} \right] \quad \text{ja alamäen nopeusfunktioiksi:}$$

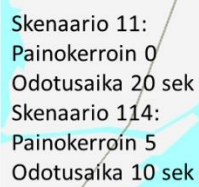
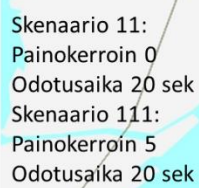
$$v_{sa} = 1,30 * s + 17,69 \left[\frac{km}{h} \right]$$

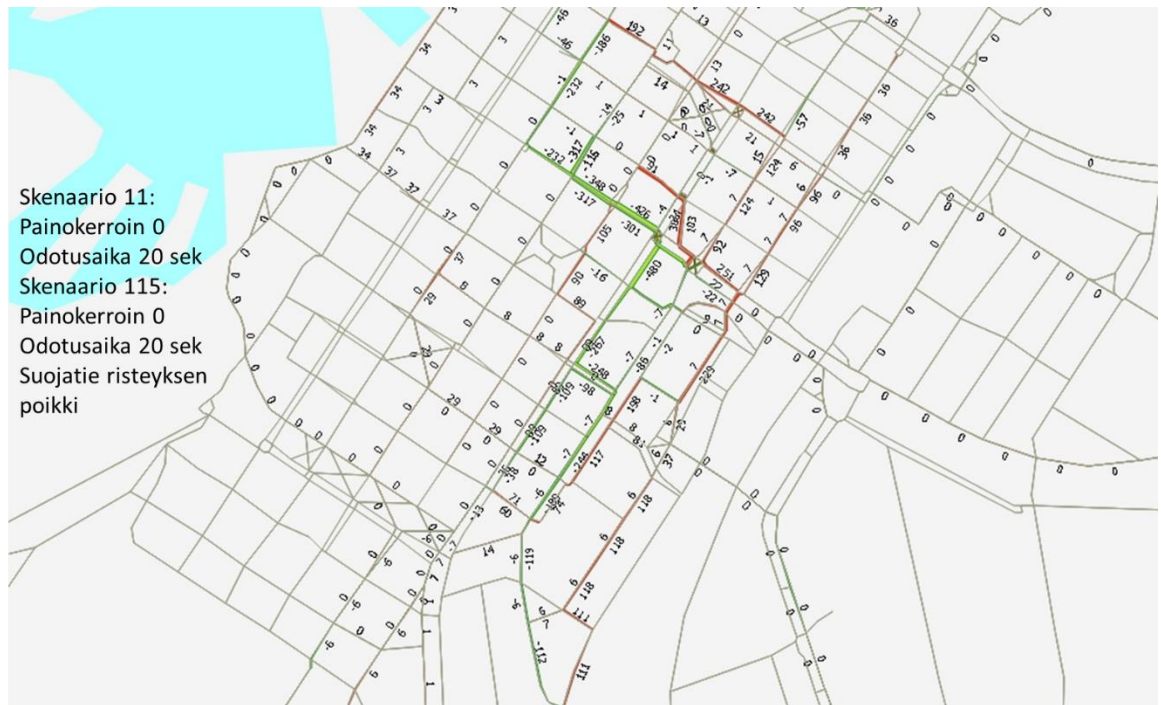


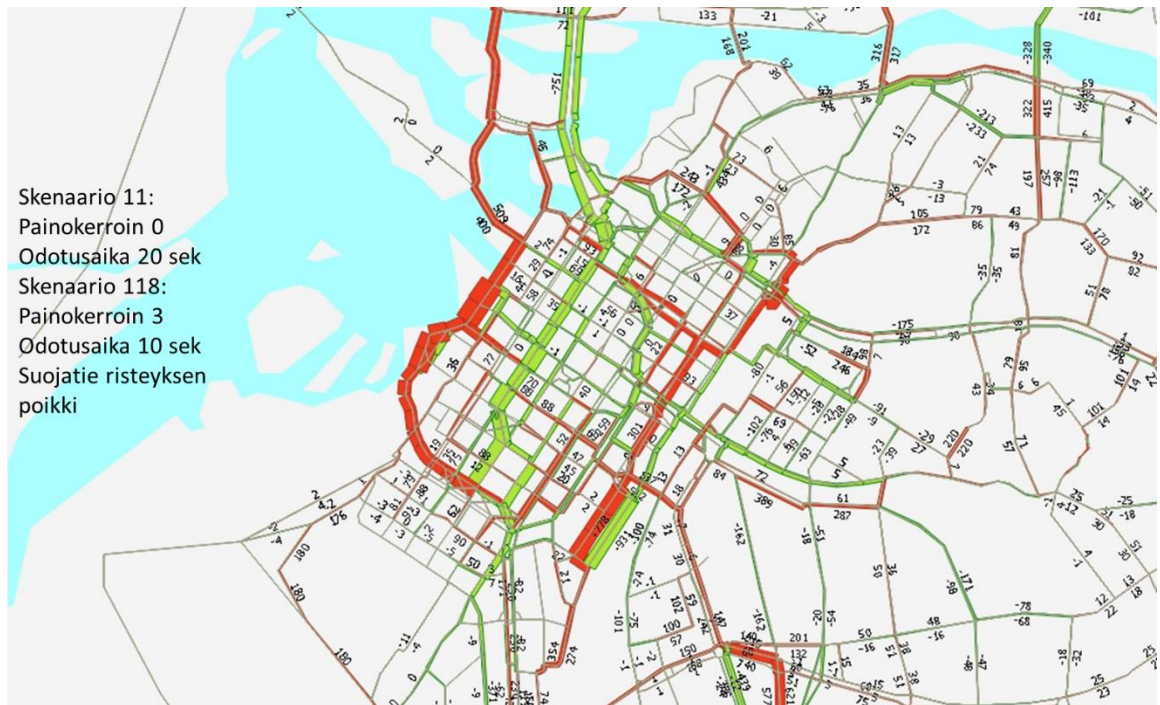


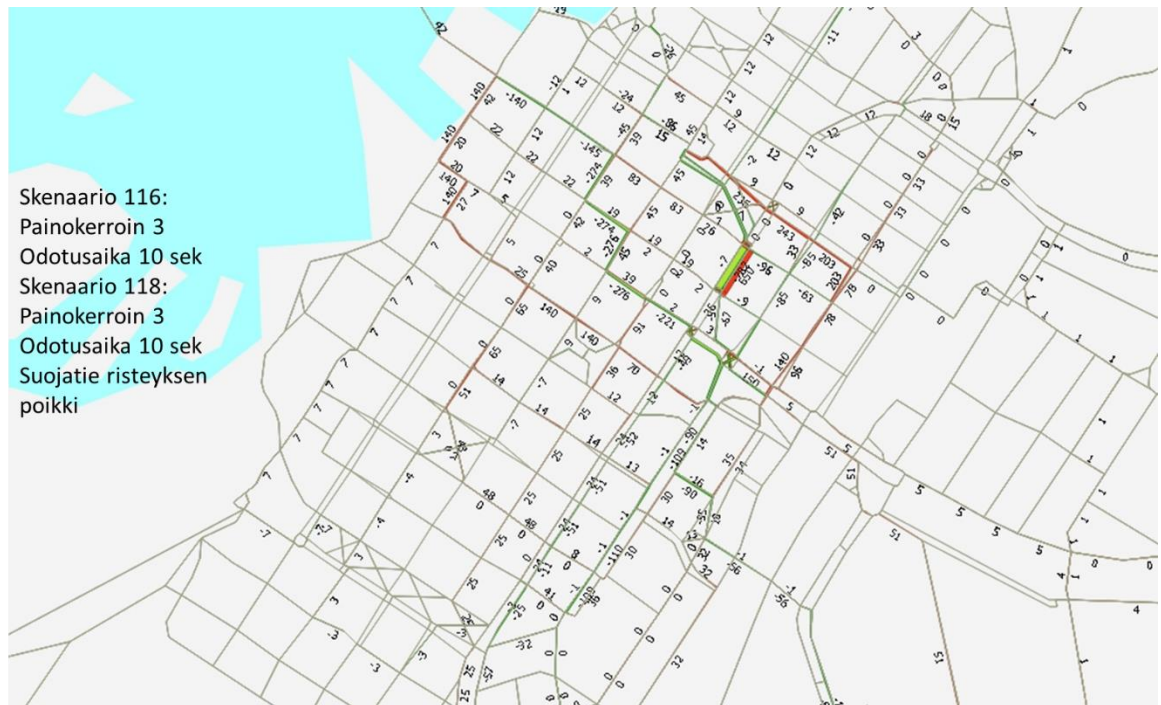




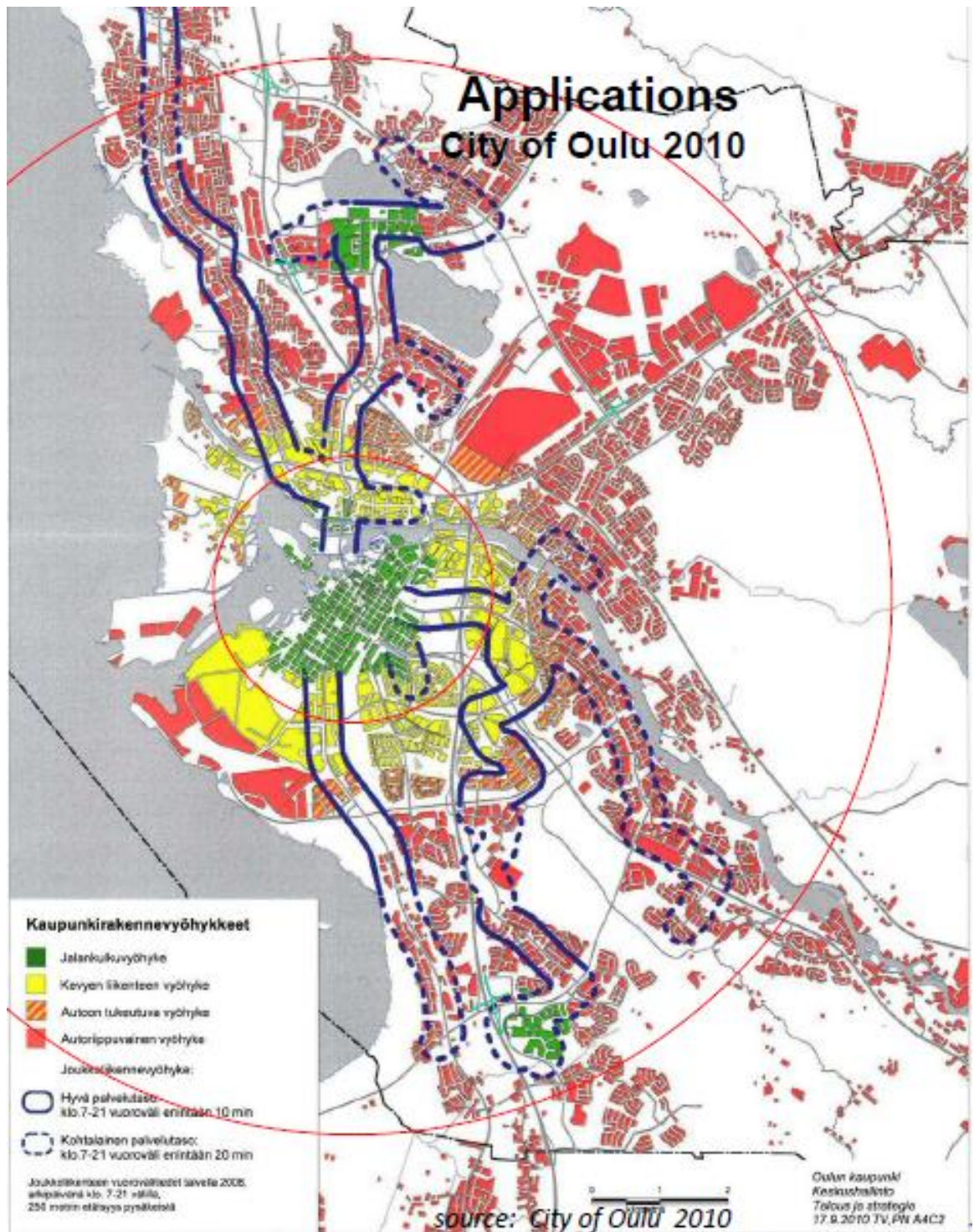




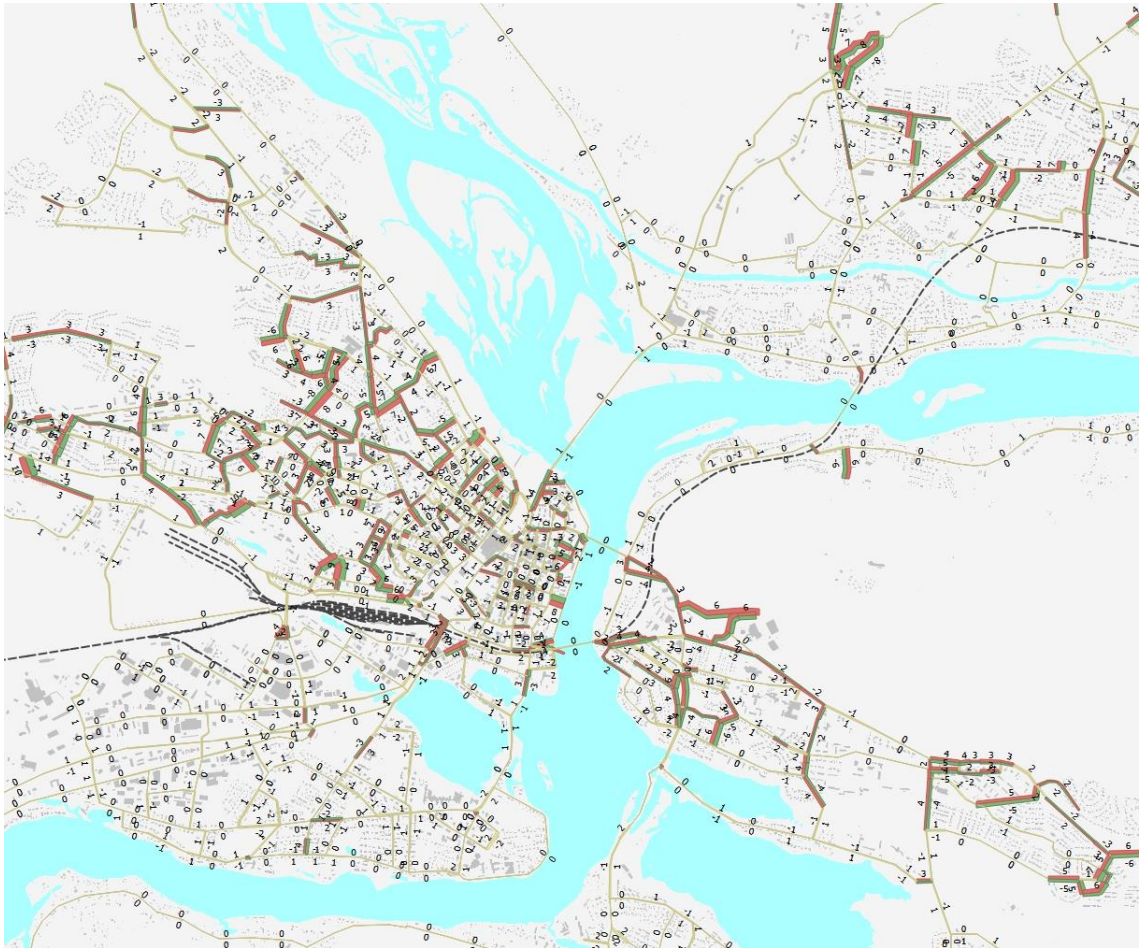




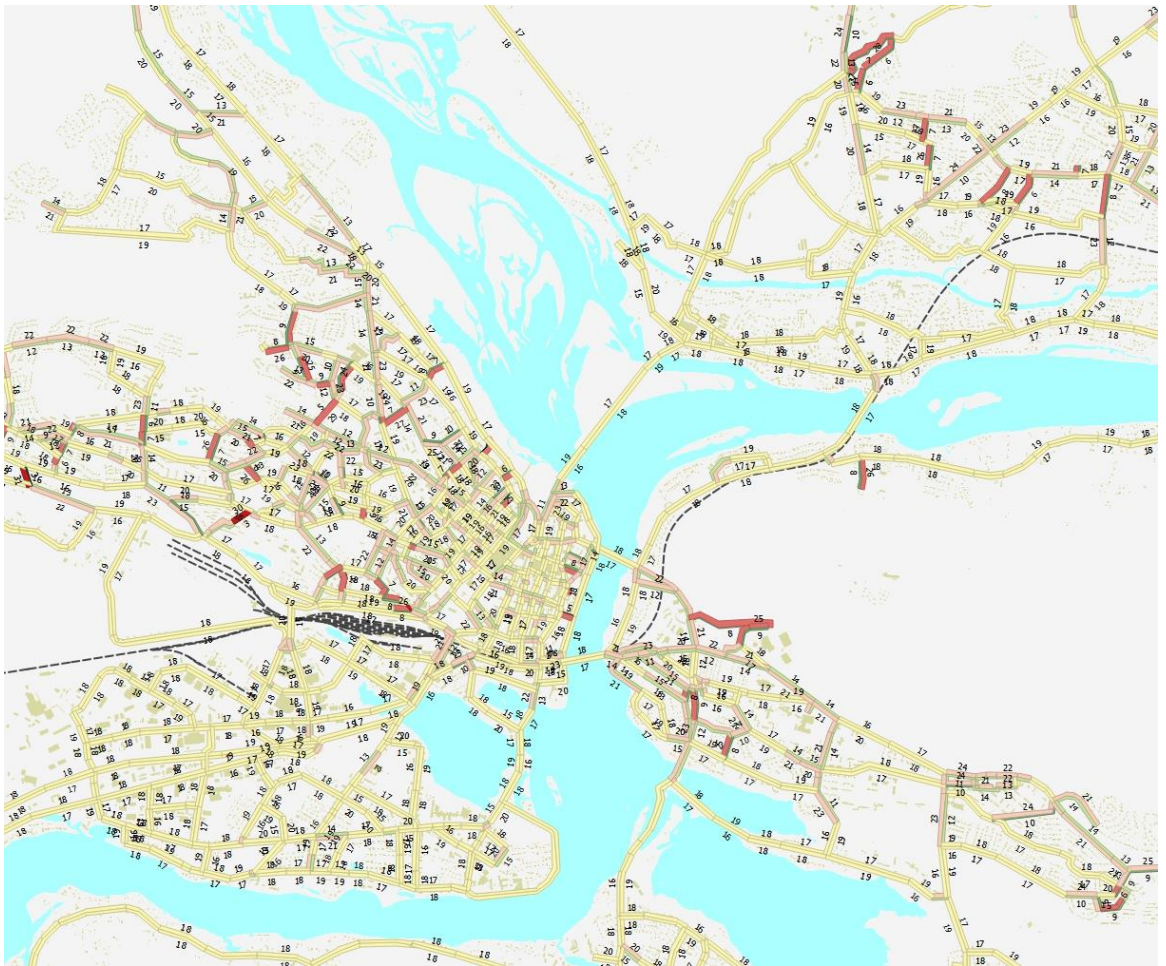
Liite 6. Yhdyskuntarakenteen vyöhykkeet Oulun kaupunkiseudulla (Ristimäki & Kalenoja 2012)



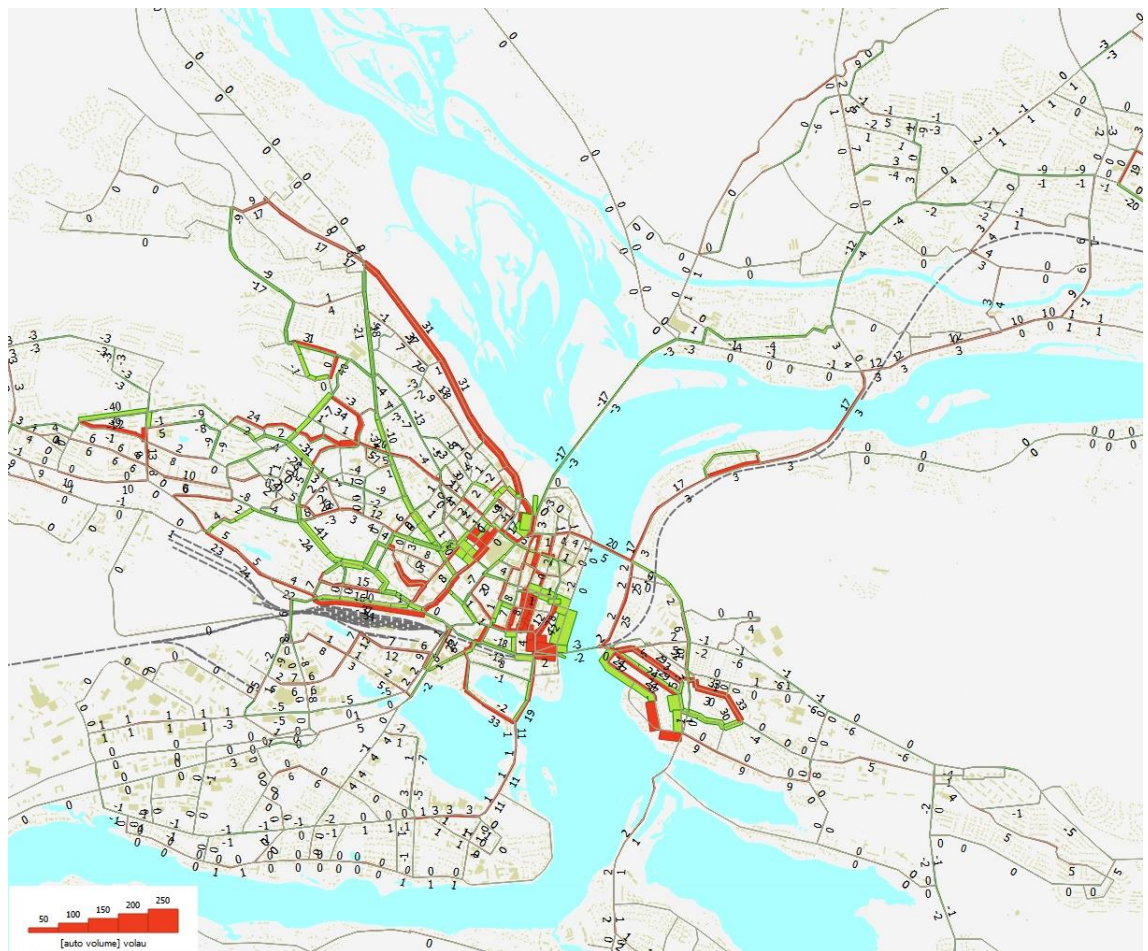
Liite 7. Ryöräteiden kaltevuudet Rovaniemellä [%]



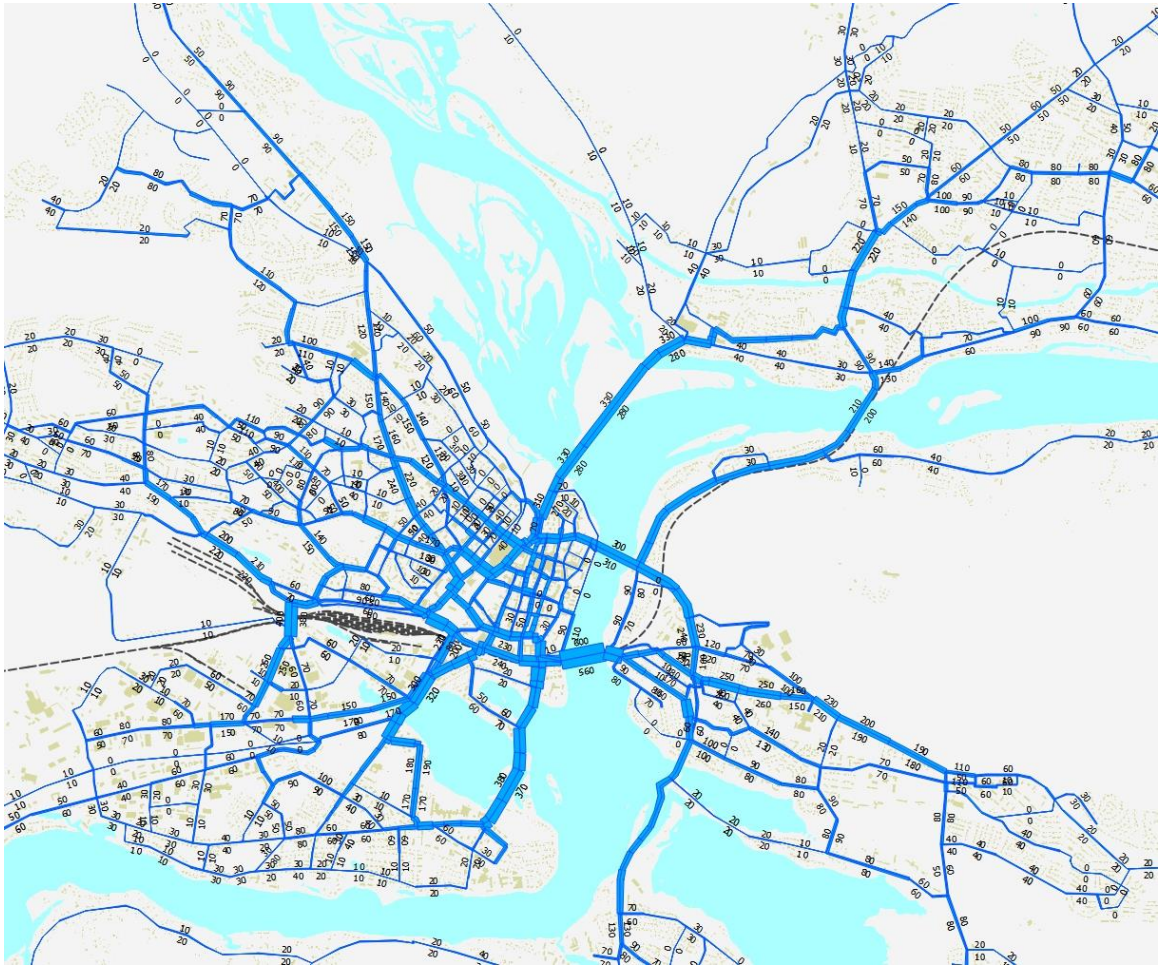
Liite 8. Pyöräteiden nopeuden muutokset Rovaniemellä mäkisyyden huomioon



Liite 9. Pyöräilijöiden liikennemäärien muutokset Rovaniemellä mäkisyyks huomioituna



Liite 10. Liikennemääräennusteet Rovaniemellä, kun mäkisyyttä ei ole huomioitu



Liite 11. Mäkisyyden vaikutukset liikennemääräennusteisiin Rovaniemellä

